

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1970

No

25

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN CHIRURGIE DENTAIRE

(Thèse de 3^{ème} cycle)

par

Michel, André CHAMBRIER

Né le 14 Octobre 1928 à Paris

présentée et soutenue publiquement le

ÉTUDE DE L'ÉLECTRO-ANESTHÉSIE DE LA DENTINE PAR LE COURANT CONTINU LES HYPOTHÈSES QU'ELLE SUGGÈRE SUR LE MÉCANISME DE LA SENSIBILITÉ DENTINAIRE

Président de thèse : Monsieur Pierre CERNEA (Professeur)

DACTYLO-SORBONNE

8, Rue Casimir-Delavigne
PARIS 6^e

1970

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

-:-

Année 1970

N°

T H E S E

pour le

DOCTORAT EN CHIRURGIE DENTAIRE

(Thèse de 3ème cycle)

par

Michel, André CHAMBRIER

Né le 14 octobre 1928 à Paris

-:-

Présentée et soutenue publiquement le

-:-

ETUDE DE L'ELECTRO-ANESTHESIE DE LA DENTINE

PAR LE COURANT CONTINU

Les hypothèses qu'elle suggère sur le mécanisme
de la sensibilité dentinaire

-:-

Président de Thèse : Monsieur P. CERNEA (Professeur)

-:-

DACTYLO-SORBONNE
8, rue Casimir Delavigne
PARIS - 6ème
1970



FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

-:-

Doyen Honoraire, Administrateur provisoire de la Faculté de Médecine de Paris	Professeur G. BROUET
Secrétaire Général de la Faculté	M. J. LENA
Conservateur en Chef de la Bibliothèque	M. le Docteur A. HAHN
Conservateurs	Melles P. DUMAITRE G. LE NOIR
Bibliothécaires	Mmes J. CONTET FORGET VALLIN DEMANEE Melles M.F. DUROZOY D. ROBERGE LE QUANG

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole
a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui
seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs
auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation, ni
improbation.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550221_0010

A Monsieur Pierre CERNEA

Professeur de Clinique Stomatologique à la
Faculté de Médecine de Paris

Membre de l'Académie de Chirurgie

Officier de la Légion d'honneur

Pour l'honneur qu'il m'a fait en
acceptant de présider mon jury
et en le remerciant pour la
bienveillance qu'il m'a témoignée

A Monsieur Guy WALLON

Professeur de physiologie animale
à la Faculté des Sciences d'Orléans

Qui fut indulgent pour mes premiers
balbutiements de chercheur

Avec ma gratitude et mon profond
respect

A Henri BLOTIERE

Praticien

Qui n'a jamais rien publié, mais savait
admirablement montrer et m'a donné le
goût du travail bien fait

ETUDE DE L'ELECTRO-ANESTHESIE DE LA
DENTINE PAR LE COURANT CONTINU

LES HYPOTHESES QU'ELLE SUGGERE SUR LE MECANISME
DE LA SENSIBILITE DENTINAIRE

INTRODUCTION

-:-

Les odontologistes se sont toujours beaucoup préoccupés de l'élimination de la douleur provoquée par le fraisage sur dents vivantes. C'est là une constatation en forme de lapalissade. Devant ce patient crispé, dont les caries du collet manifestent une sensibilité "exquise", suivant un terme évoquant quelque raffinement sadique, qui d'entre nous n'a souhaité d'intervenir dans l'instant et de façon indolore ?

Aussi les techniques d'anesthésie les plus diverses ont-elles été successivement proposées sans qu'aucune ne donne jusqu'à maintenant, à notre sens, pleine et entière satisfaction.

L'application directe sur la dentine de substance anesthésiques variées n'a jamais conduit qu'à des résultats aléatoires, parfois longs à obtenir mais toujours insuffisants lorsqu'on veut pénétrer plus avant dans les tissus durs de la dent.

Les divers procédés d'anesthésie par le froid se sont heurtés à la difficulté de circonscrire l'action à une dent isolée et n'ont pas résisté ... à la douleur initiale qu'ils provoquaient lors de la réfrigération de la dent.

L'emploi d'un jet de gaz carbonique dirigé sur la dentine simultanément au fraisage était séduisant sur le plan théorique puisque l'expérimentation a prouvé qu'une fibre nerveuse baignant

dans une atmosphère riche en CO₂ voyait sa sensibilité notablement diminuée. Mais l'utilisation en bouche, comme il était prévisible, s'est avérée très décevante sans parler de l'inconvénient de faire inhaler par le patient (et par le praticien) des quantités notables de gaz carbonique.

Certes, nombreux sont les praticiens qui ont aujourd'hui recours à l'injection d'anesthésiques locaux, soit intraligamentaire, soit dans le septum osseux interdentaire, soit encore au niveau de l'apex, ou, plus radicalement se servent de l'anesthésie régionale. Mais outre que tous les patients n'acceptent pas également des injections répétées, outre que cette pratique entraîne toujours un traumatisme, même léger (en particulier dans certaines techniques pour aborder le septum osseux interdentaire), l'anesthésie ainsi obtenue est, pourrait-on dire, trop parfaite. Du moins lorsqu'il s'agit de n'intervenir que sur la dentine pour conserver une dent vivante. Par la suppression totale de toute sensation l'anesthésie locale ne permet pas de contrôler notre travail avec suffisamment de doigté pour éviter toute approche intempestive de la pulpe préjudiciable à sa vitalité. En quelque sorte il n'est pas possible de savoir jusqu'où on peut aller "trop loin". De plus il s'écoule un temps d'attente plus ou moins long entre le moment de l'injection et le moment où les soins peuvent commencer. Enfin il est indispensable de penser au cas des patients, peu nombreux bien sûr mais dont il faut se soucier, qui ne supportent pas l'anesthésie chimique pour des raisons médicales, ou qui la refusent énergiquement parce qu'ils n'en comprennent pas la nécessité pour des soins dentaires.

C'est pourquoi nous nous sommes orientés vers la recherche d'un procédé d'anesthésie dentinaire instantané, aisément

utilisable en pratique courante, n'imposant au praticien qu'un matériel extrêmement simple et permettant à tout moment de "voir où l'on en est" afin de conserver à la pulpe toute son intégrité.

Nous sommes ainsi arrivés à nous intéresser aux problèmes posés par l'utilisation du courant électrique en anesthésie. Et sur un plan plus restreint, aux possibilités d'obtenir une électro-anesthésie dentinaire efficace.

Le point de départ de notre étude était donc essentiellement pratique. Mais au fur et à mesure que nous accumulions de la documentation sur le sujet il nous est apparu que l'intérêt pratique tendait à s'effacer devant un intérêt théorique plus puissant. En effet faire de l'anesthésiologie c'est d'abord étudier les mécanismes de l'excitabilité nerveuse. Dans le cas qui nous occupe faire de l'électro-anesthésie dentinaire, c'est obligatoirement se pencher sur les problèmes de la sensibilité dentinaire. Nous avons lu de très nombreux ouvrages et articles sur cette question. Et Dieu sait si elle passionne les chercheurs depuis des décades ! Aussi n'avons nous pas la prétention d'avoir tout lu. Mais d'en avoir lu suffisamment pour avoir une bonne connaissance des diverses théories, de leurs arguments et de leurs faiblesses.

Nous avons alors pensé que si nous pouvions tout d'abord prouver que le courant électrique était utilisable pour anesthésier la dentine, ce qui semblait évident à la lecture des travaux antérieurs, nous pourrions ensuite tenter d'expliquer son mode d'action, ce qui était déjà moins clair dans les recherches de nos prédécesseurs. Et si cela était moins clair c'était tout simplement parce qu'aucune théorie sur la sensibilité de

la dentine n'entraîne une adhésion sans réserve.

Ne sachant pas clairement quel est le mécanisme de transmission de la sensibilité dentinaire la plupart des chercheurs qui ont expérimenté l'électro-anesthésie locale n'aboutissent qu'à des hypothèses générales et vagues. En particulier ceux qui ont utilisé le courant continu. Ils constatent mais n'expliquent guère.

La porte restait ouverte et il était tentant de revoir en quelque sorte le problème à l'envers. C'est-à-dire de reprendre à son point de départ l'étude de l'anesthésie électrique de la dentine et d'avancer au sujet de son mode d'action des hypothèses suffisamment solides, pour tenter de départager les diverses théories sur la sensibilité dentinaire.

C'aurait été grande prétention de notre part que de penser que nous pourrions régler définitivement la question ; mais du moins pouvions nous espérer l'éclairer sous un jour nouveau et peut être (qui sait ?) approcher un peu plus de la solution.

C'est dans cet esprit que nous avons commencé notre travail.

PRINCIPES DE L'ELECTRO-ANESTHESIE LOCALE

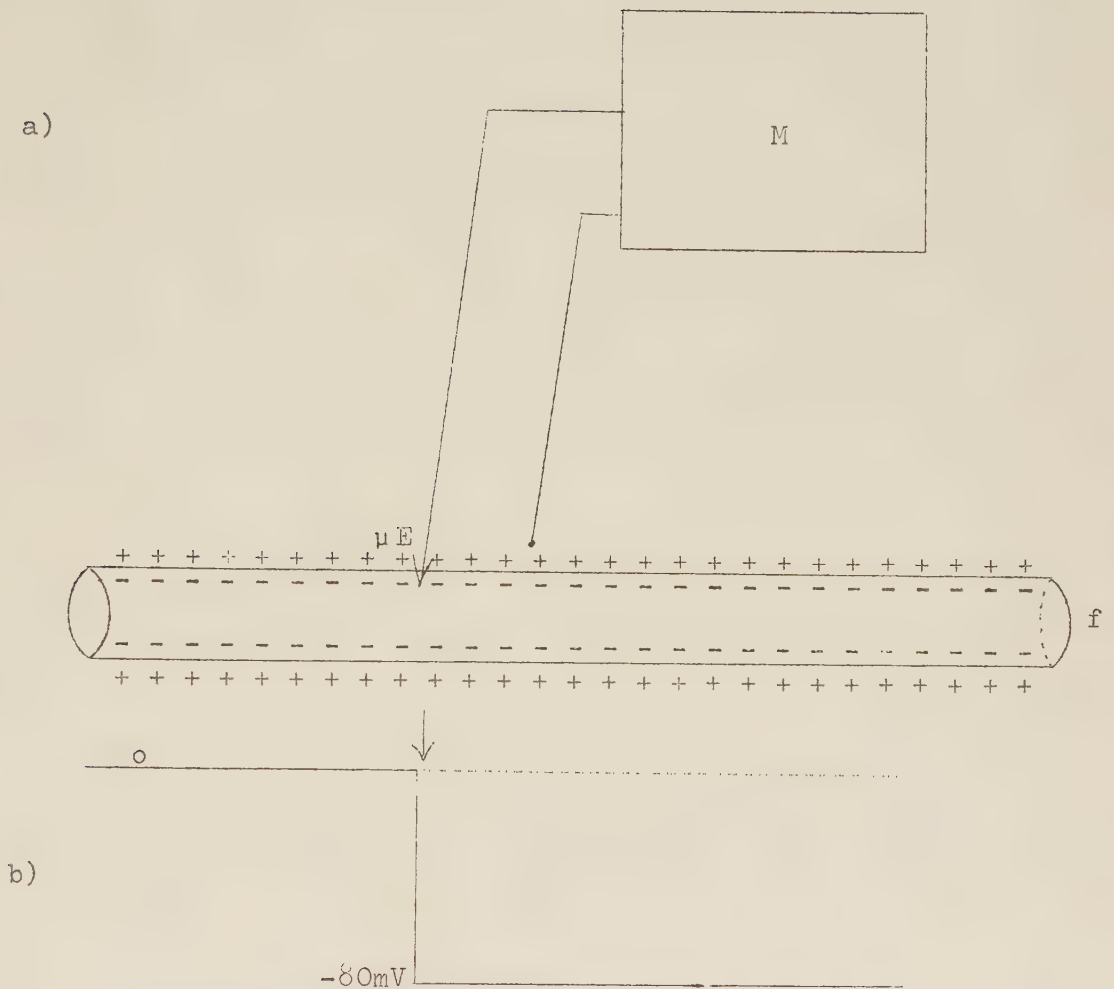
--

Aussi bien dans l'exposé des recherches de nos prédécesseurs que dans l'explication de notre propre travail, nous ferons appel à un certain nombre de notions de physiologie nerveuse qu'il faut ici résumer brièvement pour comprendre le mécanisme de l'électro-anesthésie locale.

Toute cellule est séparée du milieu extracellulaire par une membrane, qui, entre autres propriétés, possède celle d'être perméable à certains ions et non à d'autres. Le liquide à l'intérieur des cellules contenant d'autres électrolytes que le liquide extracellulaire, la semi perméabilité de la membrane s'oppose à l'égalisation par diffusion. C'est ainsi que le milieu intra-cellulaire est riche en potassium et pauvre en sodium, tandis que le milieu extra-cellulaire ne renferme que peu de potassium mais comporte au contraire beaucoup de sodium.

Existent donc, de part et d'autre de la membrane, deux milieux dont la concentration ionique diffère. Cette différence de concentration ionique aboutit en fait à constituer une petite pile ; ce qui signifie qu'une différence de potentiel existe entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule, et dans le cas qui nous occupe, entre l'intérieur et l'extérieur de la fibre nerveuse.

Cette différence de potentiel constitue ce qu'on appelle



a) Schéma de la mesure du potentiel de membrane de la fibre f à l'aide de la micro-électrode μE

M : voltmètre électronique

b) Variation du potentiel de pointe de l'électrode au moment de la pénétration de la micro-électrode.

(D'après Kayser II, 33)

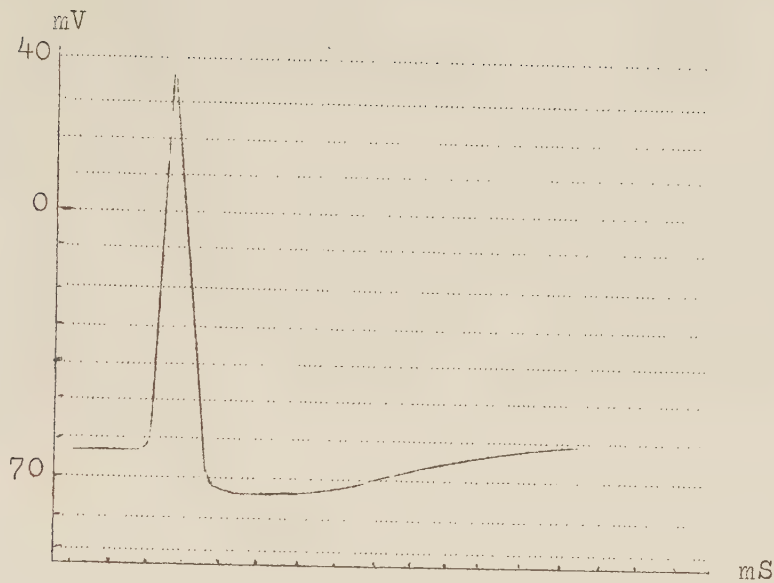
le POTENTIEL DE MEMBRANE qui est mesurable lorsque la fibre est à l'état de repos. Une électrode étant placée sur la face externe de la membrane, une micro-électrode de verre pénètre la membrane pour se placer sur la face endocellulaire. Le courant étant dérivé par un voltmètre électronique on remarque au moment de la pénétration de la micro-électrode une brusque chute de potentiel. Ce qui signifie que la fibre a, extérieurement, un potentiel supérieur à celui de l'intérieur. Ou mieux, que la polarisation externe de la membrane est positive tandis que sa polarisation interne est négative. La valeur de ce potentiel de membrane varie suivant les fibres entre 60 et 90 mV.

Pendant l'activité la membrane des fibres nerveuses change d'état. Cette modification va se traduire par une variation du potentiel de membrane que l'on enregistrera sur une fibre isolée grâce à deux électrodes reliées à un oscillographe cathodique. Au moment de l'influx électrique déclenché par deux électrodes reliées à un stimulateur on assistera à une brusque dépolarisation suivie d'une repolarisation plus lente qui ramène la membrane à son état initial.

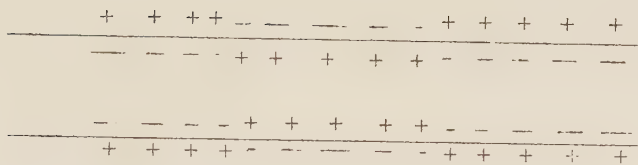
Cette dépolarisation va se propager le long de la fibre et constitue ce qu'on appelle le POTENTIEL D'ACTION.

Le potentiel d'action est plus grand que le potentiel de repos. La membrane ne subit pas une simple dépolarisation mais, pendant un temps très court, elle se polarise en sens inverse de la polarisation de repos. L'inversion du potentiel de membrane est de plusieurs dizaines de millivolts, l'amplitude totale du phénomène oscillant autour de 100 mV.

Pour que se manifeste le potentiel d'action il faut que



a)



b)

a) Potentiel d'action d'une fibre amyélinisée de seiche
(D'après Weidmann, cité par Kayser II, 44)

b) Schéma de l'inversion de polarisation de la membrane au moment de la pointe du potentiel d'action.

l'intensité du courant de stimulation atteigne une certaine valeur dite ; SEUIL. Au-dessous de ce seuil le courant ne déclenche pas de potentiel d'action. Au-dessus de ce seuil l'amplitude du potentiel d'action sera d'emblée maximale et restera invariable quelle que soit l'intensité du courant. (Nous raisonnons ici pour une fibre isolée. Pour un nerf constitué de paquets de fibres de diamètre et de vocation différentes le problème est autre ; l'amplitude du potentiel d'action global croîtra jusqu'à son maximum en fonction de l'intensité, au fur et à mesure du recrutement progressif des fibres dont les seuils sont différents).

Nous venons donc de dire que les dépolarisations produites par les courants électriques engendraient les potentiels d'action. En fait ce sont les variations de ces courants et non pas les courants eux-mêmes qui sont à l'origine de ces réponses. C'est pourquoi les courants continus sont sans action : il n'y a de réponse que lorsque le courant continu varie, c'est-à-dire à l'établissement et à la rupture du courant.

Etant une dépolarisation le potentiel d'action naît normalement au niveau de l'électrode négative ou cathode. Parfois cependant si l'intensité du courant est particulièrement forte il pourra prendre naissance à l'anode. Dans ce cas la brusque augmentation du potentiel de membrane a créé un choc et il y a alors un potentiel propagé par l'hyperpolarisation de la membrane.

Nous avons vu que les courants continus ne provoquaient pas de réponse durant la durée de leur établissement. Ils n'en ont pas moins sur les fibres nerveuses une action particulière qui est à l'origine des premières recherches sur les possibili-

tés anesthésiantes du courant électrique.

Déjà en 1843 DU BOIS-REYMOND constatait que sous l'influence du courant continu le potentiel de membrane augmentait du côté de l'anode et diminuait du côté de la cathode.

En 1859 E. PFLUGER découvrait qu'une fibre nerveuse devenait plus excitable au niveau de la cathode, et moins excitable au niveau de l'anode.

Ces deux phénomènes complémentaires de modification du potentiel de membrane et de variation du seuil d'excitabilité d'une fibre nerveuse soumise à l'action du courant continu constituent l'ELECTROTONUS.

Cet électrotonus se manifeste au niveau des deux électrodes et on distingue :

- à l'anode : l'anélectrotonus qui est une hyperpolarisation
- à la cathode : le catélectrotonus qui est une dépolarisation

On observe donc que si on se met au niveau d'un anélectrotonus, la membrane étant hyperpolarisée, il faudra envoyer une intensité de courant plus forte pour provoquer la dépolarisation, c'est-à-dire pour atteindre le seuil d'excitabilité. Par contre si on se trouve au point d'action d'un catélectrotonus, la membrane étant déjà en partie dépolarisée, l'intensité de courant nécessaire pour atteindre le seuil sera plus faible.

L'effet électrotonisant est maximum au point d'application de l'électrode, mais il ne disparaît pas brusquement dès qu'on

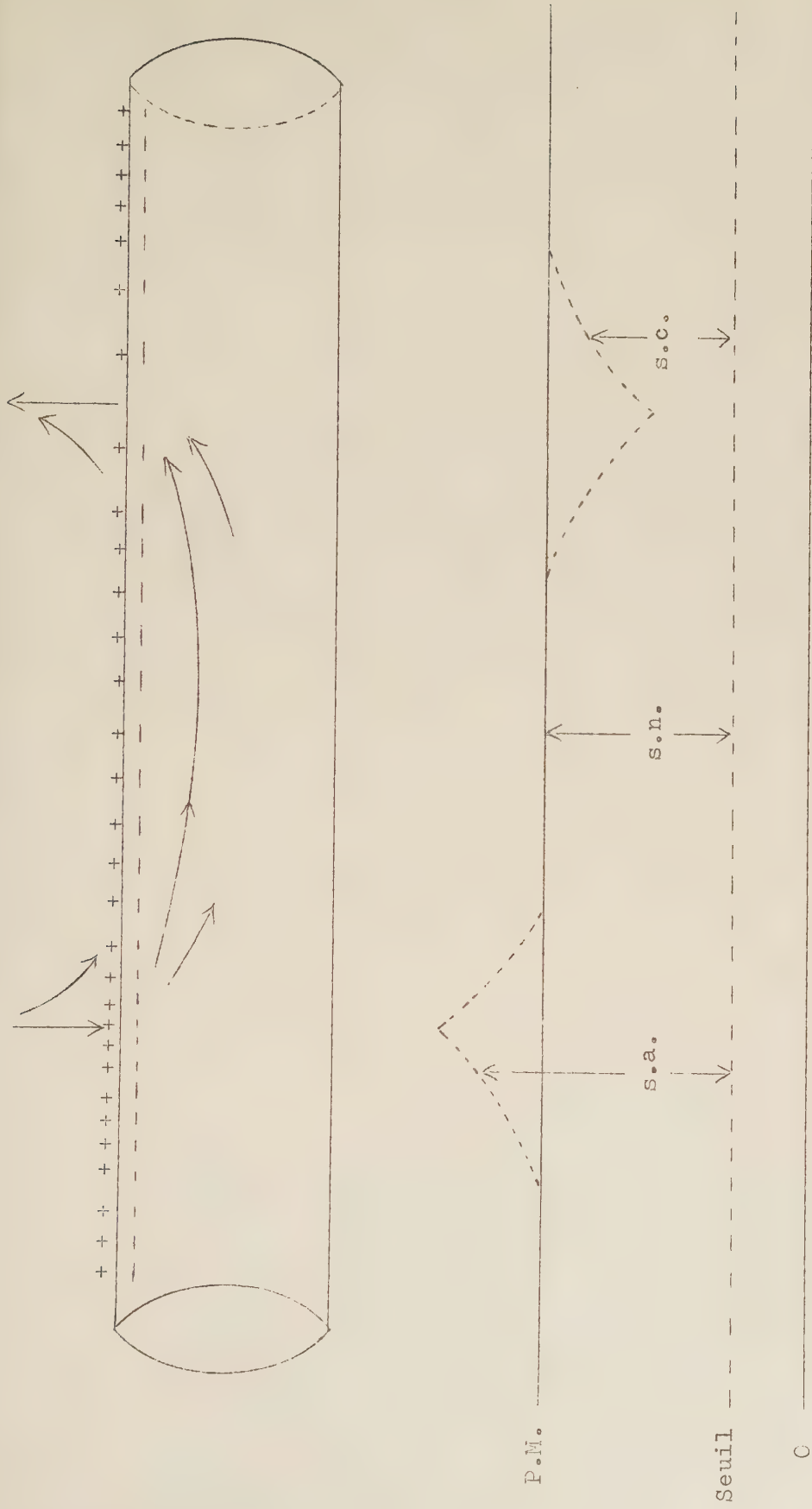
s'en éloigne. Il décroît au contraire de part et d'autre de cette électrode suivant une courbe qui a pu être étudiée et qui est exponentielle. Cela veut dire que même à une certaine distance de l'électrode les effets de l'électrotonus se feront encore sentir ; mais d'autant moins marqués qu'on s'en écartera. Par exemple au niveau d'une anode électrotonisante la diminution de l'excitabilité sera la plus grande au point d'action, et dans la région voisine le seuil d'excitation sera encore suffisamment élevé pour réclamer une intensité de courant plus forte qu'en l'absence d'anélectrotonus.

Cette décroissance exponentielle de l'électrotonus de part et d'autre de l'électrode jouera un rôle important dans la construction des hypothèses qui nous sont venues à l'esprit à la suite de notre expérimentation.

Nous pouvons donc maintenant résumer en deux phrases les phénomènes électrotoniques :

- 1) l'anélectrotonus augmente le potentiel de membrane et diminue l'excitabilité.
- 2) le catélectrotonus diminue le potentiel de membrane et augmente l'excitabilité.

On voit tout de suite qu'il est tentant de se demander si les propriétés de l'anélectrotonus ne sont pas telles qu'elles permettraient d'obtenir une anesthésie locale. Supposons en effet qu'on applique en un point quelconque de l'organisme une anode reliée à un générateur de courant continu (la cathode étant placée en un autre point éloigné du premier) le courant sera dévié à travers le corps et au niveau de l'anode naîtra un anélectrotonus. C'est-à-dire qu'à ce niveau le seuil d'excitabilité sera augmenté. En ce point la capacité de réponse des fibres



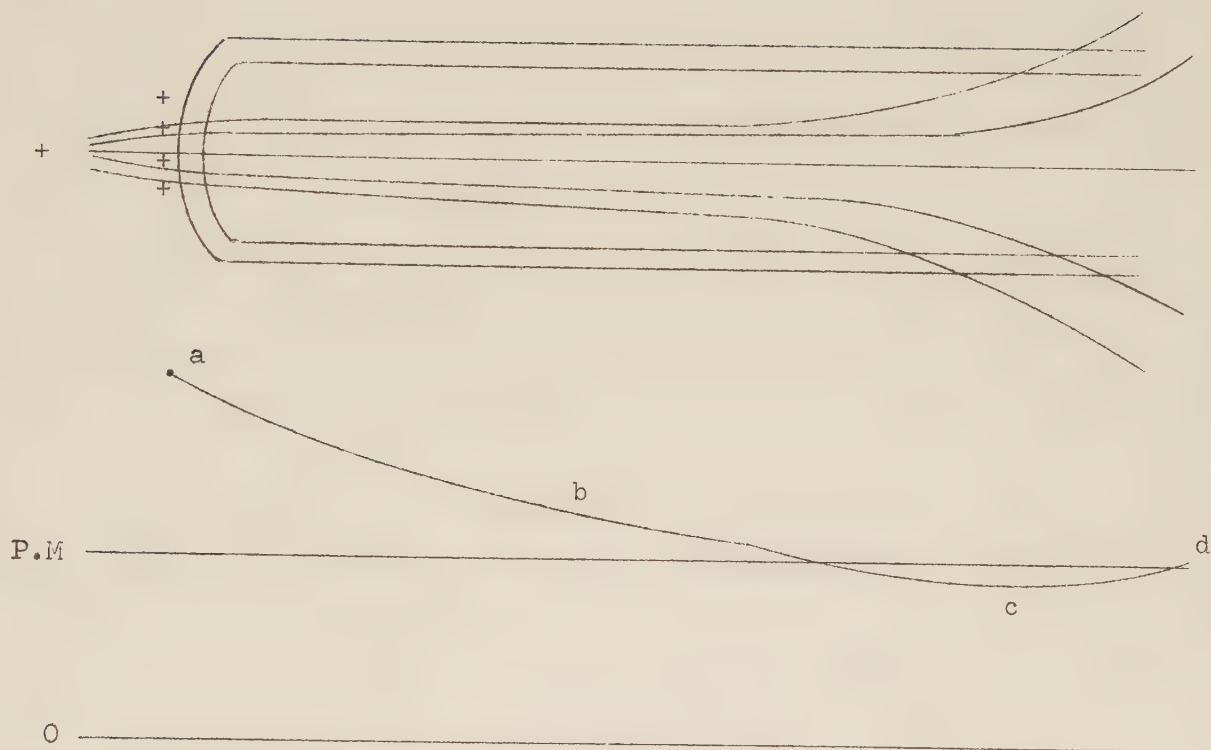
P.M. : Potentiel de membrane

S.a. : Seuil au niveau de l'anélectrotonus

S.n. : Seuil normal

S.c. : Seuil au niveau du catélectrotonus

Le courant entrant est hyperpolarisant, le courant sortant est dépolarisant



Variation de l'anélectrotonus imposé à une fibre nerveuse.
 Maximum au point d'application (a), il décroît (b), se transforme même en un faible catélectrotonus à l'endroit où les lignes de force du champ électrique sortent de la fibre (c), et le potentiel de membrane reprend sa valeur normale (d).

nerveuses à un stimulus quelconque sera notablement diminuée, la sensibilité sera abolie ou tout au moins sérieusement abaissée.

Il n'est donc pas utopique d'espérer qu'on rendra ainsi indolore une petite intervention. Et pour ce qui nous occupe, nous odontologistes, que nous pourrions fraiser ou meuler une dent vivante sans faire pour cela de notre patient ce martyr plus ou moins résigné complaisamment décrit par les chansonniers.

Il est évident que cette idée n'a pas manqué de venir il y a déjà plus d'un siècle à des praticiens qui comme nous, mais avec des moyens encore plus restreints que les nôtres, devaient affronter chaque jour au fauteuil les patients, leur angoisse et leurs douleurs.

L'histoire des recherches et des tentatives d'anesthésie électrique locale va maintenant nous permettre de serrer le sujet de plus près.

HISTORIQUE

-:-

En 1893 le Docteur B. d'ARSONVAL à la suite d'une étude sur le courant ondulatoire de forme sinusoïdale écrivait dans les "Archives d'électricité médicale" : "l'électrothérapie est le médicament par excellence de la douleur". Une aussi remarquable affirmation ne donnait cependant pas les suites qu'on en pouvait attendre et pendant quarante ans les choses restèrent en l'état.

Si d'ARSONVAL semble bien être le premier à avoir mené une étude systématique sur l'action antalgique des courants électriques, des essais en ordre dispersé avaient déjà été faits par des praticiens que passionnait cette découverte alors récente : l'électricité. C'est ainsi que dans le domaine plus particulier de l'électro-anesthésie locale les travaux remontent aujourd'hui à plus d'un siècle.

En effet dès 1855 RICHARDSON (SUSUKI - P.O.S. 1272, 1960) observe lors de l'application du courant électrique sur le corps humain une possibilité d'anesthésie au niveau de l'électrode positive. Mais il ne fait pas confiance à la seule électricité en tant qu'Agent anesthésiant. Et pour être plus certain du résultat il pense à utiliser le courant électrique pour faire pénétrer du chloroforme dans le tissu à traiter. Il réalise donc un circuit comprenant une anode en contact avec une éponge imbibée de chloroforme au niveau de la région à anesthésier, et

une cathode située en une autre partie éloignée du corps. Il ne s'agissait donc pas dans ce cas à proprement parler, d'une électro-anesthésie pure, mais d'une méthode combinée de pénétration électro-médicamenteuse, encore appelée cataphorèse. Nous n'avons pas de statistiques précises sur ces travaux qui inspirèrent par la suite d'autres chercheurs, comme nous le verrons.

Le premier à se servir d'un courant électrique en anesthésie fut sans doute un dentiste de Philadelphie : FRANCIS (SUSUKI - P.O.S. 1272, 1960) dans la deuxième moitié du dix-neuvième siècle. Sa méthode rapportée par HAYE est surprenante: il extrayait les dents, le pôle négatif étant relié au davier et le pôle positif dans la main du patient. D'après ce que nous avons vu précédemment il s'agit là d'une pratique en contradiction totale avec la théorie : le seuil d'excitabilité étant abaissé au niveau de la cathode on aurait dû s'attendre à constater non pas une anesthésie, même partielle, mais une hypersensibilité. En fait FRANCIS n'annonçait qu'un pourcentage de succès, d'ailleurs incomplets, assez modeste : 25 %. Ce fut certainement la raison pour laquelle ses travaux ne soulevèrent que peu d'intérêt. Pour expliquer cependant les succès qu'il annonçait on se contenta de parler de phénomènes d'autosuggestion. NUSS et BAUM qui reprirent ses travaux conclurent à l'inefficacité absolue du courant électrique et la méthode tomba dans l'oubli. Nous avouons ne pas savoir pour quelles raisons FRANCIS faisait de son davier une cathode et pourquoi il n'essaya jamais de le transformer en anode. C'est un petit mystère dans cette première tentative d'anesthésie électrique locale appliquée à l'art dentaire.

Ces quelques travaux apparaissaient donc très isolés, même si l'on y ajoute ceux de MORTON qui en 1895 reprenait en

fait les données de RICHARDSON dans le domaine particulier de la cataphorèse. Ils n'ont pas de postérité immédiate, ce sont les premiers jalons d'une recherche dont on pourrait s'attendre qu'elle soit particulièrement fructueuse dès le début de notre siècle et après les études de d'ARSONVAL. En fait, nous l'avons déjà signalé, ces études sont suivies d'une longue période de silence. C'est qu'on allait découvrir les courants de haute fréquence. Et immédiatement on s'enthousiasma pour leur capacité à traverser les tissus sans danger, sans provoquer de contractions musculaires ni de sensations douloureuses. Leur totale innocuité semble garantir leur utilisation. Est-elle compatible par contre avec une action physiologique réelle sur la douleur? C'est une question qu'alors on ne se pose pas car on constate leurs effets physio-dynamiques. Il est évident que dans notre spécialité, si intéressée par la suppression de la douleur due au fraisage, les expérimentateurs ne vont pas manquer.

Deux méthodes vont alors être utilisées :

- la première basée sur la seule utilisation des courants de haute fréquence
- la seconde ayant recours à l'électro-pénétration médicamenteuse ou cataphorèse.

Méthode utilisant la haute fréquence seule

En 1926 COUSTAIN met au point une méthode de désensibilisation des collets. Un courant de haute fréquence est amené par l'intermédiaire d'une électrode en contact avec l'émail dans le voisinage de la zone sensible. Cette électrode est rapprochée progressivement du point hypersensible. La méthode nécessite quelques séances d'application, chacune à une semaine d'intervalle, avant de permettre le fraisage de la zone sensible.

Puis FLOHR et BERKER présentent une technique que le Professeur DECHAUME reprendra en 1930-1931 pour l'étudier et la perfectionner (DECHAUME - Rev. de Stomato., 12, 1931).

Utilisant l'appareil de Walter producteur de courants de haute fréquence pour la diathermie et la diathermocoagulation, DECHAUME tente le fraisage indolore de la dentine. Non pas en préparant la zone à fraiser comme le faisait COUSTAIN, mais en se servant du courant de haute fréquence simultanément au fraisage. Un conducteur étant fixé à la borne coagulation de l'appareil de Walter et branché par ailleurs sur le bras du tour. L'intensité du courant de haute fréquence utilisée est de 20 à 25 mA. Il n'y a pas d'électrode indifférente et le patient tient en main un interrupteur qui lui permet de mettre le contact dès l'apparition de la douleur. Bras de tour et pièce à main doivent être parfaitement isolés électriquement. Il en est de même pour la dent sur laquelle on travaille et qui sera par ailleurs soigneusement asséchée. Le courant H.F. a pour résultat de coaguler la dentine. Il s'agit donc ici d'une diathermo-coagulation monopolaire. En conséquence fraisage et meulage sont rendus supportables sinon indolores.

Les inconvénients de la méthode sont malheureusement très importants. Du point de vue clinique les risques de mortification pulpaire sont loin d'être négligeables. Il est vrai aussi qu'on pouvait les négliger puisque dans leurs premières expériences DECHAUME, assisté de KERBOUL et RABINOVITCH, se servaient du courant de haute fréquence pour poser des arsénieux aussi près de la pulpe que possible sans provoquer de douleur. Du point de vue pratique si l'on peut surmonter facilement le problème de l'isolement de l'instrumentation, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit d'isoler rigoureusement la cavité à traiter,

de ne pas toucher aux obturations métalliques et d'éliminer toute trace de salive.

Aussi cette technique n'a-t-elle jamais dépassé beaucoup le stade de l'expérimentation. En 1934, le Docteur PIERRON reprenait les mêmes travaux. Il constatait lui aussi la possibilité d'agir sur les collets sensibles par de brefs attouchements avec une pointe métallique reliée au pôle positif d'un appareil de diathermie. Une pièce à main reliée dans les mêmes conditions, et après toutes les précautions d'usage concernant l'isolement électrique, à un appareil producteur de courant H.F lui permettait un fraisage de la dentine dans des conditions acceptables. Mais il décrit lui même cette technique comme "délicate et tâtonnante" et il qualifie les résultats de "surprenants" non pas dans un esprit optimiste mais pour mettre l'accent sur leur inconstance.

Il n'est pas niable cependant que, n'eussent été les difficultés opératoires, cette méthode paraissait avoir des effets anesthésiants évidents. Elle n'eut cependant pas le succès escomptable. C'est que parallèlement à ces travaux qui se déroulaient en art dentaire, certains auteurs ne manquaient pas de s'étonner de l'action antalgique prêtée aux courants de haute fréquence. Si, disaient-ils ces courants se caractérisent, entre autres choses, par leur incapacité totale à provoquer une réaction quelconque lorsqu'ils traversent l'organisme, comment peut-on penser qu'ils puissent agir contre la douleur ? Cependant on crut longtemps qu'un tel raisonnement, séduisant sur le plan intellectuel, devait s'incliner devant les résultats positifs qu'on avançait. On ignorait le mode d'action des courants H.F mais on constatait leur action bénéfique. La confusion provenait, comme le montra en particulier le Docteur BERNARD, de ce que ces courants étaient produits par des appareils à ondes amorties pro-

duisant de la basse fréquence parasite. Les effets physiodynamiques attribués à la haute fréquence étaient en réalité dûs à la basse fréquence. On le vit bien lorsque les perfectionnements apportés à l'appareillage permirent de produire des ondes entretenues et de supprimer cette basse fréquence parasite : tous les effets antalgiques disparurent. Et en 1932 à la Société française d'électrothérapie DUHEM signalait l'inaction totale de la haute fréquence. C'était pour toutes les utilisations en anesthésie un arrêt de mort.

On peut alors se demander pourquoi les expériences ne reprirent pas avec les courants de basse fréquence. Il semble que c'était la conclusion la plus immédiate à tirer des travaux entrepris jusqu'alors. En fait ces expériences eurent bien lieu, en particulier en odonto-stomatologie sous l'impulsion du Docteur P. BERNARD (Odontologie 4, 1935). En 1934 devant la Société d'électrothérapie et de radiologie il résumait ainsi l'action physiologique des courants de basse fréquence : "ils ont une action polaire ; alcalinisante et oedématisante au pôle négatif, elle est par contre acidifiante, décongestive et sédative au pôle positif. Ils ont une action analgésiante immédiate pouvant aller jusqu'à une anesthésie locale pendant le passage du courant. Ce qui peut permettre de petites interventions de chirurgie et même certaines avulsions dentaires". Pour une anesthésie régionale BERNARD applique le courant sur le trajet même du nerf ; pour une anesthésie locale il place les pôles positif et négatif de part et d'autre de la dent, l'intervention peut commencer lorsque l'intensité, progressivement augmentée, a atteint 4/5 de milliampères. Ce qui demande environ trois minutes. L'intervention aura lieu durant le passage du courant. L'anesthésie ainsi obtenue est surtout ligamentaire. La possibi-

lité d'un fraisage indolore de la dentine n'est pas mentionnée. Nous ne citons donc cette technique que pour mémoire et reviendrons à l'anesthésie dentaire proprement dite en étudiant les méthodes d'électro-pénétration médicamenteuse.

Méthodes basées sur la cataphorèse

Nous avons vu que dès 1855 RICHARDSON avait ouvert la voie, suivi quarante ans plus tard par MORTON. Vu les dates de ces travaux l'ionisation des substances anesthésiques n'était évidemment pas obtenue par l'intermédiaire de la haute fréquence. De même MALOUVRIER en 1925, puis DUHEM (Piponnet - Ann. od. Stom., 6, 9, 1949) emploieront le courant continu dans le traitement des certaines algies faciales. Le pôle positif est constitué par une électrode spongieuse imbibée de la solution anesthésique choisie et placée sur la région à traiter ; le pôle négatif est fixé sur la nuque. DUHEM utilisait une solution d'aconitine au 1/4 000. Il ajoutait ainsi à l'ionisation de cette solution l'effet analgésique déjà bien connu qui se développe au niveau de l'anode.

En 1928 SQUILLANTE (Sem. dent. 9.9.1928) préconise l'utilisation de la haute fréquence et dans les cas d'arthrite alvéolo-dentaire procède à l'électrosmose d'iode durant un temps de deux à quatre minutes, après un électromassage préliminaire de la gencive avec une lampe électrode à vapeurs de mercure.

Puis petit à petit on en arrive à s'intéresser aux possibilités d'application de ces procédés pour le fraisage même des dents vivantes.

Au cours des années 30 JOYEUX (Pierron - Sem.dent. 14.10.1934) préconise l'introduction électrolytique de carbaïne

(carbonate de cocaïne) pour des anesthésies dentinaires et pulpaires.

BARAIL (Pierron - Sem. dent. 14.10.1934) prétend obtenir une bonne anesthésie en associant haute fréquence et cocaïne. Il signale des dévitalisations indolores grâce à l'introduction électrolytique d'un sel de cocaïne.

Le Docteur PONT dans son "Précis d'électro-radiologie appliquée à l'Odonto-Stomatologie" reprend les mêmes idées et se prononce lui aussi pour l'ionisation de la carbaïne.

Plus près de nous MACH perfectionne la méthode permettant ainsi d'atteindre un pourcentage de succès de 75 % environ. L'anesthésie est obtenue ici par électrolyse d'un anesthésique combiné à un mouillant. On utilise un mélange de courant continu et de courant alternatif dont le patient règle lui-même les proportions.

D'après RAULO (Inf.Dent. 27.11.1958) qui s'est particulièrement intéressé aux problèmes de l'anesthésie électrique locale, l'anesthésique est du type diméthylaminoester de l'acide p.n. nutyloaminosalicylique qui par électrolyse donnera de l'acide para-aminosalicylique. Le mouillant est un produit de synthèse: l'oxypolyethoxydodecan. A ces produits est ajoutée de l'hyaluronidase. Le mélange est placé sur une boulette de coton introduite dans la cavité à fraiser. L'intensité du courant est augmentée progressivement jusqu'à atteindre la limite de tolérance du patient. Il est alors nécessaire d'attendre de 30 à 300 secondes pour commencer le fraisage.

Comme dans toutes les méthodes utilisant la haute fréquence, soit pure soit associée à l'électrolyse d'un anesthésique,

l'isolement de la cavité traitée doit être rigoureux, de même que l'interdiction de toucher aux obturations métalliques. C'est là le premier écueil de cette méthode. Mais elle présente d'autres inconvénients ; notamment la nécessité de faire croître l'intensité jusqu'à ce qu'elle ne soit plus tolérable est désagréable pour le patient ; enfin le temps d'attente entre le début de l'application du courant et le début de l'intervention variant de 1 à 10 nous apparaît trop indéterminé.

Nous venons donc de voir les essais les plus marquants qui furent faits avec l'aide des courants de haute fréquence, généralement dans le domaine de l'électro-anesthésie dentinaire. Il faut bien dire que toutes les méthodes préconisées, si elles font honneur à leurs inventeurs, n'emportent pas une adhésion sans réserve. Les problèmes qu'elles posent sont vraisemblablement à l'origine de la désaffection qui les frappa.

Ce ne sont pas des méthodes d'un maniement simple : la technique opératoire est toujours délicate ; l'isolement parfait de la cavité, son asséchage rigoureux demandent des soins attentifs.

Ce ne sont pas des méthodes d'une totale innocuité. Du moins en ce qui concerne l'emploi de la haute fréquence pure, les risques de mortification pulpaire sont évidents.

Ce ne sont pas des méthodes rapides : elles imposent au praticien une perte de temps qui n'est pas toujours bénéfique puisque les résultats sont inconstants.

Pour toutes ces raisons de nouveaux chercheurs se sont

orientés vers une voie toute différente. Abandonnant les courants H.F ils reprirent les travaux avec le courant continu.

Méthode utilisant le courant continu

Cette méthode est essentiellement celle du Professeur KENSAKU SUZUKI (P.O.S. 1272, 1960), professeur de dentisterie opératoire à l'Université Médicale et Dentaire de Tokyo. Elle a été étudiée à la clinique dentaire de Tokyo en 1952. Un autre japonais, le Professeur SAKAMOTO s'est livré aux mêmes travaux tandis qu'une expérimentation était également faite à la clinique dentaire de l'Université de Mainz (Allemagne) par H.GRAS-SER et K. KOTH. Plus près de nous, en France, NICOLLE (Dent. de France 20, 1958) en 1958 a repris ces expériences.

En décrivant la technique utilisée par SUZUKI nous décrivons en fait toutes les techniques d'électro-anesthésie dentinaire par le courant continu, qui ne diffèrent les unes des autres que par des points de détail.

Le pôle positif d'un générateur de courant continu est relié à la pièce à main portant la fraise ou à l'extrémité du bras du tour ; le pôle négatif, sous forme d'une électrode en charbon, est dans la main du patient. L'intensité du courant appliqué est très faible ; de l'ordre du micro-ampère (entre $4 \mu A$ et $10 \mu A$ pour les interventions sur la dentine). L'isolement électrique rigoureux de la cavité fraisée n'est pas ici nécessaire, par contre pièce à main ou contre angle sont enduits d'une substance isolante. L'anesthésie ne dure qu'autant que la fraise est en contact avec la dentine. Les résultats annoncés sont très encourageants puisque SUZUKI n'annonce que 9 % d'échecs complets dans une expérimentation portant sur 204 cas.

Aucune augmentation de la douleur n'a jamais été constatée.

Il s'agit donc d'une méthode très séduisante par sa simplicité et son ingéniosité. En effet c'est la fraise elle même qui est ici l'électrode active, elle est un instrument de travail qui porte en lui-même le moyen de supprimer la douleur qu'il provoque. L'appareillage n'est ni compliqué, ni encombrant. La technique ne réclame pas de précautions particulières. L'effet anesthésique est instantané et il ne fait courir à la pulpe aucun risque de mortification étant donné la faiblesse du courant employé. Ce dernier point est particulièrement intéressant et OSADA, qui à la suite de SUZUKI a réalisé des expériences d'électro-anesthésie dentinaires, tout en arrivant aux mêmes conclusions en ce qui concerne la réduction de la douleur, affirme que cette méthode diminue les risques de lésions post-opératoires. Il a comparé les images histologiques de pulpes traitées sous électro-anesthésie et sous anesthésie par injection de procaïne. Il s'est révélé que les pulpes de dents traitées sous électro-anesthésie présentent moins de dégénérescence des odontoblastes, moins d'hypérémie d'hémorragies et d'infiltrations lymphocytaires que celles soumises à l'anesthésie par injection.

On peut donc s'étonner que cette méthode ne soit pas utilisée et soit même tombée dans un oubli presque total.

En dehors du fait que l'appareillage proposé par SUZUKI ne se trouve pas dans le commerce, il faut sans doute donner des raisons plus sérieuses à cet oubli.

- 1) l'inconstance des résultats
- 2) l'explication insuffisante des phénomènes observés.

L'inconstance des résultats

Si SUZUKI n'annonce que 9 % d'échecs, une étude plus attentive de ses chiffres montre que sur 204 cas, seuls 86 ont eu une anesthésie complète, soit en gros 43 %. Il reste donc 97 cas où l'anesthésie n'a été que partielle. Et pour ces 97 cas, il nous dit que "dans 46 cas les patients ont enregistré de faibles sensations douloureuses" et que dans 51 cas ils n'ont perçu "que des douleurs légères". Nous avouons ne pas voir très clairement la différence existant entre de "faibles sensations douloureuses" et la perception de "douleurs légères". Il ne peut s'agir là que d'une interprétation très subjective des phénomènes observés.

Les chiffres annoncés par GRASSER et KOTH sont assez différents. Ces auteurs donnent les résultats suivants : sur 148 préparations de cavités ils ont obtenu la suppression totale de la douleur dans 95 cas (65 %), une atténuation importante de la sensibilité dans 26 cas (16 %) et des échecs complets dans 29 cas (19 %).

La statistique que propose NICOLLE est encore plus différente. Son expérimentation a porté sur un nombre plus restreint de cas : 70. Il annonce 5 échecs complets soit 7 % ; 12 cas d'insensibilisation totale soit 17 %. On peut donc en déduire qu'il a eu 53 succès partiels soit un pourcentage de 76 %.

Nous notons donc d'importantes variations dans les statistiques de nos auteurs. Les succès complets oscillants de 17 % chez NICOLLE à 65 % chez GRASSER et KOTH en passant par les 43 % de SUZUKI. Les échecs complets allant de 7 % à 19 %. Et surtout les succès partiels représentant 76 % des cas chez

NICOLLE, 48 % chez SUZUKI, mais 16 % chez GRASSER et KOTH, peut être plus optimistes ou ... moins sensibles aux manifestations de leurs patients.

Nous devons aussi noter que ces résultats sont obtenus chez SUZUKI, SAKAMATO, OSADA, GRASSER et KOTH avec des intensités de courant très voisines ; le plus souvent 4 μ A pour n'importe quel type de dents. Parfois 10 μ A pour les japonais en cas d'échecs à 4 μ A, et une modulation plus fine de l'intensité chez les allemands qui disent utiliser 2, 4 μ A pour les dents antérieures, 3, 5 μ A pour les prémolaires et 4 μ A pour les molaires.

Par contre NICOLLE nie formellement l'action anesthésiante d'un courant de 4 μ A. Il emploie personnellement des intensités variant entre 12 et 18 μ A en montant progressivement la gamme des intensités à partir du zéro et en maintenant le contact fraise-dentine une minute avant d'enclencher le tour. Nous n'avons retrouvé aucune trace d'une telle technique chez SUZUKI et ses émules.

L'explication insuffisante des phénomènes observés

Les raisons données par SUZUKI à l'action du courant continu sont extrêmement simples et reposent sur l'application pratique des principes énoncés à propos de l'électrotonus des fibres nerveuses. Au niveau de l'anode le seuil d'excitabilité augmente et la sensibilité diminue par suite de l'anélectrotonus provoqué. Le courant utilisé étant très faible il n'existe pas de risque de provoquer une stimulation comme il en existe, même au niveau de l'électrode positive, avec les courants continus de forte intensité.

Cette explication, malheureusement, ne serait valable que s'il n'y avait pas d'échecs. Or il y a des échecs, inexpliqués, et il y a tous les cas d'anesthésie incomplète. Ne serait-ce pas parce que les phénomènes d'anélectrotonus ne suffisent pas à tout expliquer en électro-anesthésie dentinaire ?

Par ailleurs, selon SUZUKI, seuls les éléments nociceptifs de la pulpe seraient touchés par l'électro-anesthésie. Ce serait même une des raisons pour laquelle une aussi faible intensité de courant est active. Il écrit : "on a maintes fois essayé d'obtenir une atténuation de la douleur à l'aide de courants galvaniques, mais les effets ne sont pas favorables et même sont souvent contraires (KOWASCHIK). Le courant utilisé en électro-anesthésie est cent à mille fois plus faible que celui employé en applications galvaniques et il n'y a jamais d'effets défavorables. On peut admettre que la galvanisation, faisant usage d'un courant relativement puissant, agit sur les fibres nerveuses qui s'accomodent de l'irritation, alors que l'électro-anesthésie est réalisée avec un courant faible intervenant sur les éléments nociceptifs qui s'accomodent peu aux irritations".

Nous avons noté que les japonais utilisaient une intensité tantôt de 4 μ A, tantôt de 10 μ A. Il faut particulièrement insister sur le fait que, selon eux, la profondeur de l'anesthésie obtenue n'est pas proportionnelle à l'intensité du courant mais qu'il existe une intensité optima pour réaliser une anesthésie maximale. Il y aurait ainsi deux niveaux d'intensité auxquels on pourrait recourir pour réaliser l'anesthésie. Cette notion qui introduit en quelque sorte un double seuil n'a pas manqué de nous tracasser. Car théoriquement aucune explication rationnelle ne peut être donnée. Elle ne pourrait s'expliquer que par une action s'adressant tantôt à un type de fibres ner-

veuses, tantôt à un autre. SUZUKI le reconnaît lui-même. Il nous dit : "on n'a pas encore établi pour quelles raisons il existe deux valeurs différentes d'intensité pour réaliser l'électro-anesthésie. Les courants faibles utilisés pour ce type d'anesthésie, agissent sur les éléments nociceptifs et élèvent l'anélectrotonus. Le courant ayant atteint les éléments doit être écarté des fibres nerveuses. Si le courant est assez fort, l'excitabilité des fibres nerveuses est augmenté au niveau de l'arrivée du courant et l'effet anesthésique n'est pas réalisé. En présence d'un courant plus fort il y a dépression cathodique au niveau des fibres et il est possible que ce soit là l'explication du second niveau d'intensité produisant l'électro-anesthésie".

Comme on le voit SUZUKI se montre assez avare de détails sur ce sujet et nous n'avons pu nous faire une idée claire du rôle , que, selon lui, peuvent jouer dans le mécanisme de la sensibilité dentinaire aussi bien les fibres nerveuses que l'on trouve au contact des odontoblastes, que les fibres nerveuses, rares mais présentes, mises en évidence dans la prédentine et la dentine.

Quant à NICOLLE il ne propose pas de solution originale du problème. Il reprend, bien sûr, les explications qui s'appuient sur l'action de l'anélectrotonus et fait remarquer que de très bons résultats, constants, sont obtenus dans les caries du collet. Il suppose que cela est dû à ce que leur accès est plus facile que les autres. Ce qui est tout de même un peu insuffisant.

APPAREILLAGE

Il s'agit d'un appareil pouvant fournir du courant continu dont l'intensité peut varier entre 0 et 100 μ A. La source d'alimentation est constituée par deux piles d'usage courant de 4,5 volts. L'ensemble est relié à un micro-ampéremètre gradué de 0 à 100 μ A, et réglé de telle façon que deux utilisations, par l'intermédiaire d'un potentiomètre, en soient possibles.

Dans le premier cas, le chiffre des micro-ampères sur le cadran correspond effectivement à l'intensité utilisée. On peut alors se servir de toute la gamme des intensités jusqu'à 100 μ A.

Dans le second cas chaque graduation du cadran vaut un cinquième de micro-ampère. Autrement dit cinq graduations correspondent à 1 μ A et le maximum de micro-ampères que l'on peut obtenir est alors de 20 (graduation 100). L'intérêt d'un tel montage est de permettre une très grande précision au cours du travail et de pouvoir faire varier avec le maximum de finesse les intensités nécessaires.

Il existe évidemment deux sorties correspondant à l'un et l'autre cas.

Le pôle positif de ce petit générateur de courant continu est relié à une fiche de cuivre qui viendra se fixer par frottement doux dans une vis taraudée suivant son axe longitudinal et fixée à l'extrémité du bras du tour.

Le pôle négatif est relié à une fiche semblable qui viendra s'insérer dans un cylindre de cuivre que le patient tiendra en sa main.

Le contre-angle utilisé est tel que les expériences faites avec lui dès avant le début des travaux ont montré qu'il était parfaitement conducteur et qu'il n'y avait aucune perte ni interruption de courant au cours de son emploi. Ce contre-angle est isolé par un manchon de caoutchouc, constitué avec une feuille de digne et qu'il est très facile de réaliser. La lubrification du contre-angle est particulièrement soignée. Elle devra en effet, tout en étant suffisante, être très légère, afin d'éviter tout excès de lubrifiant au niveau de la fraise, ce qui pourrait créer une interruption du courant très préjudiciable.

Ainsi lorsque l'instrument travaille la fraise joue-t-elle le rôle d'une anode et le cylindre de cuivre placé dans la main du patient devient-il une cathode.

Par la suite, pour des expériences particulières que nous relaterons, nous adjoindrons entre le micro-ampèremètre et la sortie un petit inverseur qui permettra à volonté de permuter les pôles positif et négatif. Nous aurons donc la possibilité de transformer à la demande la fraise-anode en fraise-cathode et vice-versa.

La construction de cet appareil, avec quelques modifications dont les plus importantes sont celles concernant la double utilisation du micro-ampèremètre, et la présence de l'inverseur, a été directement inspirée des renseignements fournis par KENSAKU SUZUKI dans ses publications.

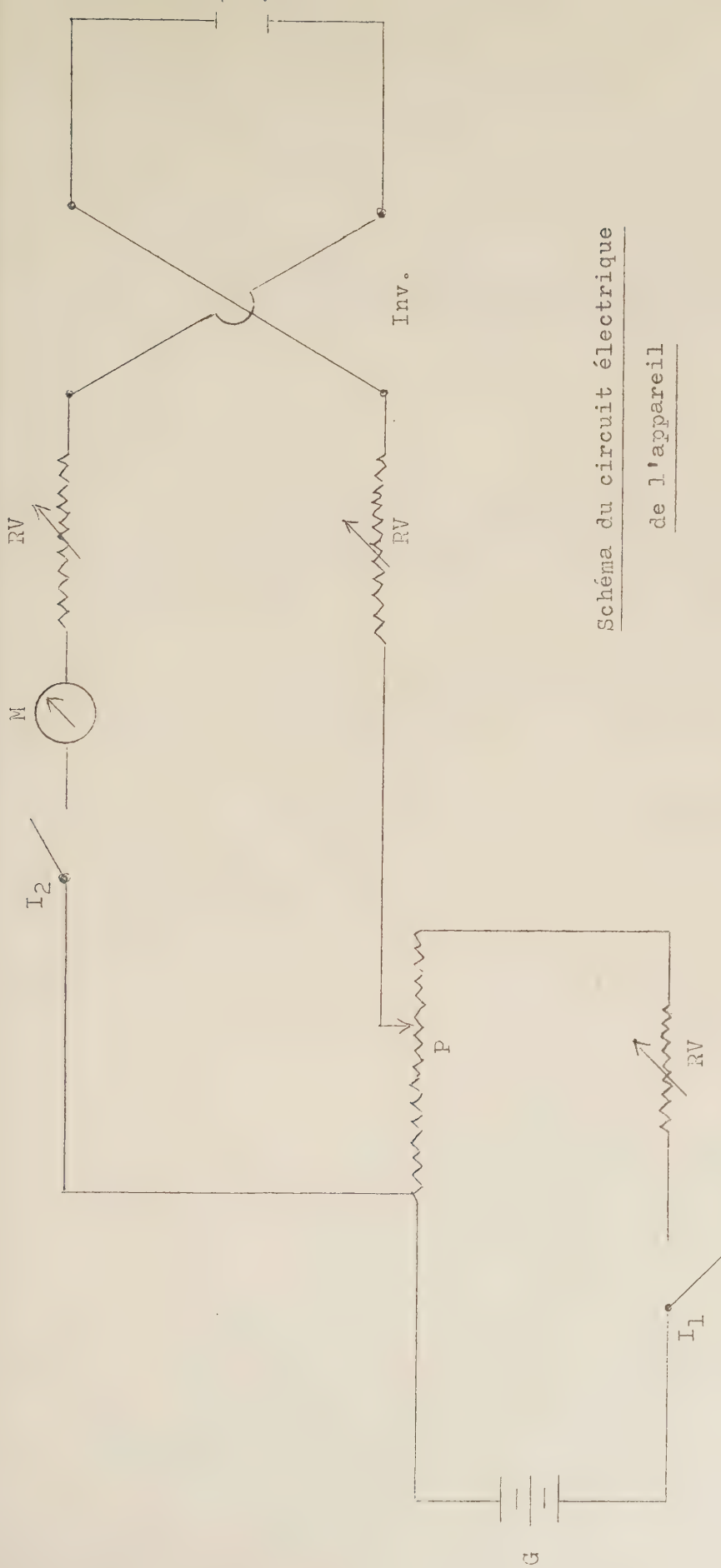


Schéma du circuit électrique

de l'appareil

G : Générateur de courant continu

I_1 I_2 : Interrupteurs

Inv : Inverseur

M : Micro-ampèremètre

P : Potentiomètre

RV : Résistances variables

TECHNIQUE DE PREPARATION DES CAVITES
AVEC L'ELECTRO-ANESTHESIE DENTINAIRE

-:-

La fiche reliée à la borne (+) de notre appareil est fixée à l'extrémité du bras du tour. Le pôle négatif, représenté par le cylindre de cuivre, est confié au patient qui le tient dans sa main.

Le courant est réglé sur l'intensité optima que nous définirons par la suite.

La fraise - une fraise neuve dégraissée dans le chloroforme - est trempée dans une solution saline à 1 % ou du sérum physiologique, ce qui facilitera le passage du courant. La fraise est portée dans la cavité. Elle est alors maintenue au contact de la dentine à réséquer pendant environ une seconde avant que le tour ne soit lancé. Cela revient en fait à procéder à une application du courant continu avant le fraisage proprement dit.

Dès que la fraise a commencé de travailler il faut que son contact avec la dentine soit intime et constant. Le passage du courant ne doit être suspendu à aucun moment et il faut éviter de fraiser par brefs attouchements.

La fraise doit être régulièrement débarrassée des débris de dentine qui s'y attachent. Son nettoyage est assuré par trempage dans de l'eau salée à 1 % ou du sérum physiologique, ce qui présente l'avantage supplémentaire de l'humecter à nouveau

pour permettre un passage plus aisé du courant. Même si la nécessité de nettoyer la fraise n'apparaît pas impérieusement il est bon de procéder à intervalles réguliers à un tel trempage: l'humidité entretenue dans la cavité par une goutte de cette solution assure un meilleur contact électrique.

Après le nettoyage, chaque fois que le fraisage est repris, il faut revenir à la manoeuvre initiale : c'est-à-dire maintenir en contact fraise et dentine durant une seconde avant de faire démarrer le tour.

La technique opératoire est donc, comme on le voit, très simple et n'entraîne aucune perte de temps appréciable pour le praticien.

Intensité du courant à utiliser

Pour les incisives, canines et prémolaires l'intensité du courant anesthésiant est en général de $4 \mu A$. Si aucun résultat n'est obtenu avec $4 \mu A$, on peut essayer $10 \mu A$, et des échecs sont ainsi évités. Mais il existe une très nette préférence pour $4 \mu A$.

Pour les molaires l'intensité sera semblable. Mais il est plus fréquent alors d'enregistrer un échec et de devoir utiliser $10 \mu A$. Quoiqu'il en soit l'intensité au départ sera toujours de $4 \mu A$, et c'est le résultat qui commandera ou non le passage à $10 \mu A$. Le changement d'intensité au cours du travail ne pose aucun problème.

Il est intéressant de noter dès maintenant que ces intensités correspondent aussi bien à celles qu'indiquaient SUZUKI,

SAKAMATO, GRASSER et KOTH. Par contre l'emploi d'une intensité variant entre 12 et 18 μ A comme le conseillait NICOLLE nous est apparu négatif.

Comme d'autres avant nous avaient expérimenté l'électro-anesthésie nous ne pouvons nier que les tâtonnements du début nous ont été épargnés. C'était un avantage indéniable mais qui comportait un risque : celui de mettre nos pas dans les traces de nos prédécesseurs sans nous soucier des autres voies qui peut-être s'ouvraient à nous. A trop marcher sur la même route on finit par creuser une ornière. Nous avons voulu éviter cette ornière en déterminant avec le plus de précision possible la valeur de l'intensité active. Nous avons donc mené deux séries d'expériences complémentaires ; nous avons au cours du fraisage, fait varier le courant :

- a) dans le sens des intensités croissantes
- b) dans le sens des intensités décroissantes.

a) dans le sens des intensités croissantes

Partant de zéro nous passons successivement à 1, 2, 3, 4 μ A. Grâce au micro-ampèremètre "démultiplié" nous pouvons augmenter peu à peu l'intensité avec le maximum de doigté. A 3 μ A une légère anesthésie peut se produire. Elle est même dans certains cas suffisante pour permettre un fraisage pratiquement indolore. Mais ce n'est qu'à 4 μ A qu'une anesthésie inspirant la confiance est très nettement atteinte. Si nous continuons à faire croître l'intensité du courant, nous constatons que l'anesthésie se maintient jusqu'à la proximité de 6 μ A et qu'au-delà ELLE DISPARAIT. Elle disparaît : ce qui veut dire que la sensibilité revient mais qu'elle n'en est pas pour cela exacerbée.

b) dans le sens des intensités décroissantes

Partant de 30 μ A avec le micro-ampèremètre dont les graduations correspondent effectivement aux intensités utilisées, nous parcourons successivement toutes les intensités en allant vers le zéro. A partir de 10 μ A nous nous servons du micro-ampèremètre dans son utilisation la plus précise. Nous n'observons aucune anesthésie au fur et à mesure de la décroissance des intensités. Même en arrivant entre 6 et 5 μ A là où dans l'expérience précédente l'anesthésie obtenue à 4 μ A se maintenait. Par contre en utilisant 4 μ A l'anesthésie s'installe. Au-dessous de 4 μ A ELLE DISPARAIT.

Nous croyons donc par la combinaison de ces deux méthodes avoir établi sans contestation possible deux faits :

- l'anesthésie n'est pas proportionnelle à l'intensité du courant,
- il existe une intensité privilégiée de 4 μ A pour laquelle l'anesthésie est obtenue. Cette valeur de 4 μ A n'est pas un seuil à partir duquel l'anesthésie s'installerait pour rester ensuite constante quelle que soit l'intensité. C'est réellement la seule intensité provoquant une anesthésie.

Ces expériences ont été évidemment faites sur des dents pour lesquelles une anesthésie parfaite avait été préalablement obtenue à 4 μ A. Il va sans dire que dans le cas où un échec avait été enregistré à cette valeur, mais compensé par un succès à 10 μ A les mêmes expériences en intensités croissantes puis décroissantes ont été faites. Elles aboutissent aux mêmes conclusions, avec cette fois pour valeur optima 10 μ A.

Dans le sens des intensités croissantes nous n'observons aucune anesthésie avant $10 \mu A$. Cette anesthésie se maintient parfois jusqu'à $12 \mu A$ puis disparaît.

Dans le sens des intensités décroissantes, en partant cette fois-ci de $40 \mu A$, nous n'obtenons que des résultats négatifs au fur et à mesure de notre marche vers le zéro. Avec cependant une légère variante sur les expériences avec $4 \mu A$: nous retrouvons ici une anesthésie à $12 \mu A$ dans les cas où elle s'était maintenue jusqu'à cette valeur lors de l'expérimentation en intensité croissante. Mais au-dessous de $10 \mu A$ l'anesthésie disparaît à nouveau.

Cette intensité de $10 \mu A$ peut donc être considérée comme une intensité privilégiée provoquant également l'anesthésie. Mais cela uniquement dans les cas où une intensité de $4 \mu A$ a été inefficace.

RESULTATS

-:-

Avant de fournir les statistiques de notre expérimentation nous croyons nécessaire d'indiquer les principes qui nous ont guidé pour noter nos résultats.

La difficulté dans ce travail est qu'il n'existe pas de méthode scientifique permettant de mesurer la douleur ressentie par un patient. Nous sommes obligés de nous en tenir d'une part à ses déclarations, d'autre part aux constatations que nous pouvons faire et qui ne nous permettent que des conclusions approximatives. La définition correcte de la douleur n'est pas encore aujourd'hui possible malgré les recherches considérables effectuées dans ce domaine par des neurologues du monde entier aussi bien que par des physiologistes ou des psychologues. "La douleur est encore inconnue" disait le Professeur LERICHE. Son intensité présente de grandes variations, non seulement en fonction de la gravité et de l'étendue de la lésion, mais aussi en fonction de facteurs individuels tels que le caractère, l'imagination, l'instruction, l'influence de l'entourage, la préparation psychologique à la douleur. On comprend alors que pour des actes thérapeutiques tels que les soins dentaires, auxquels sont attachés une réputation immémoriale de douleur, cette intensité puisse varier dans des proportions considérables, allant pratiquement de l'absence de sensation jusqu'à la perte du contrôle personnel. Dans notre spécialité en particulier la peur et l'imagination jouent un rôle considérable dans la perception et l'interprétation de la douleur.

C'est pourquoi nous avons tenté d'employer une méthode aussi rigoureuse, c'est-à-dire aussi scientifique que possible, dans ce domaine mouvant.

Nous avons toujours fait nos expériences sur des dents qui étaient, soit douloureuses spontanément, soit d'une très grande sensibilité au fraisage. La douleur devait donc être facilement constatable, avant tout essai d'anesthésie, par simple attouchement à la sonde ou au premier coup de fraise. Le test de la sonde est très facile à faire : en passant de la dent cariée à une dent saine voisine il est possible de voir si le patient réagit à une douleur réelle ou imaginaire. Dans le cas où il était évident que le malade avait des réactions essentiellement dictées par la peur, le cas n'était pas retenu pour une expérience d'électro-anesthésie.

De même tout patient manifestant devant le dentiste une angoisse anormale, avant même le test, était éliminé car il est très vite apparu qu'avec ce type d'individu les renseignements les plus contradictoires étaient obtenus.

Dans la mesure du possible le patient n'était pas mis au courant de la nature des manœuvres qu'il nous voyait exécuter. Ceci afin d'éviter tout risque de suggestion. Malheureusement étant donné la présentation de notre appareil il ne nous était pas possible d'agir clandestinement et d'appliquer l'électro-anesthésie sans que le patient ne se demande ce qui se passait; ce qui aurait été l'idéal. La nécessité de brancher un fil sur le bras du tour, la remise d'un cylindre de cuivre à tenir dans la main ne pouvaient manquer d'intriguer. Mais, et nous nous en sommes étonnés, nos patients ont été très discrets dans l'ensemble, ce que l'on peut mettre sur le compte, soit d'un manque

d'intérêt, soit d'une confiance aveugle en leur praticien, (hypothèse hautement réconfortante !)

Le fait est qu'un quart d'entre eux seulement, environ, ont manifesté de la curiosité et posé des questions sur ce que nous faisions. Disons tout de suite que, malgré la brève explication qui leur était donnée, éludant au maximum toute précision (du moins avec les moins curieux) il ne nous a pas semblé que ces patients aient réagi différemment des sujets non prévus.

Enfin chaque fois qu'un résultat positif était obtenu, soit anesthésie complète, soit anesthésie suffisante pour permettre un fraisage à peu près indolore, l'expérience se terminait toujours par un temps de fraisage courant coupé, afin d'avoir a contrario une preuve de l'efficacité du procédé. Il est évidemment gênant de mener une expérimentation sur une méthode d'anesthésie en s'imposant de faire souffrir le patient. Et cela par deux fois, pour être sûr du résultat ; avant l'application de l'électro-anesthésie et après sa suppression. Il ne nous a pas semblé qu'il était possible de faire autrement. Il est vrai aussi que la douleur ainsi provoquée n'est que fugitive et n'a pas une violence insoutenable.

Nous avons alors classé nos résultats en trois rubriques :
SUCCES COMPLETS, SUCCES PARTIELS, ECHECS.

Pour ranger un cas dans la première ou la dernière rubrique que le problème est simple à résoudre.

Nous définissons comme SUCCES COMPLET le cas où le patient ne ressent plus aucune douleur. Il le dit, le manifeste par tout son comportement et nous en avons la preuve car la dou-

leur réapparaît dès que cesse l'électro-anesthésie.

Nous définissons comme ECHEC le cas où le patient ne perçoit aucune amélioration. Nous constatons cliniquement que la douleur persiste, invariable, que l'on établisse le courant ou qu'on le supprime.

Pour la définition du SUCCES PARTIEL il s'agit d'apprécier si la méthode, sans entraîner une anesthésie parfaite, permet cependant une amélioration telle que le fraisage est devenu très supportable. Il est évident que, là, deux subjectivités vont s'affronter ; d'une part le jugement du sujet, d'autre part le jugement de l'opérateur.

Le jugement du sujet sera influencé par ces facteurs individuels dont nous avons parlé au début de ce chapitre. Il est impossible de les éliminer autrement qu'en choisissant nos sujets d'expérience comme nous l'avons indiqué. Mais ces facteurs subsisteront toujours, tout au plus peut-on espérer les réduire au minimum. Nous ne saurons jamais jusqu'à quel point, malheureusement.

Le jugement du sujet sera également influencé par les relations, de confiance ou d'hostilité latente, qu'il a avec son praticien. Lorsqu'on l'interroge sur ses sensations il peut répondre "pour faire plaisir" ou bien dans un esprit d'opposition systématique.

Enfin s'il a été prévenu qu'on se livrait sur lui à une anesthésie par l'électricité il peut estimer en toute sincérité que sa dent est moins sensible, soit qu'il s'agit d'un phénomène d'autosuggestion, soit que souffrant moins au départ qu'il ne voulait bien le croire, il supporte fort bien maintenant une

douleur légère parce qu'il a été mis en confiance.

L'opérateur, quant à lui, ne possède pas un jugement d'airain. Il voudrait tant que son patient ne souffre plus qu'il peut être tenté d'interpréter dans un sens trop favorable ses moindres manifestations positives. Il n'est pas si facile d'être impartial et on s'aperçoit ici des difficultés de la parfaite objectivité scientifique.

Pour éviter ce double écueil nous avons impitoyablement rejeté dans la rubrique "ECHECS" tous les cas, non seulement d'échecs patents, mais aussi d'améliorations qui, quoique visibles, n'entraînaient pas une adhésion sans réserve du patient. Sont donc classés comme "SUCCES PARTIELS" les seuls cas où une amélioration très nette a été obtenue, aboutissant en fait à une anesthésie quasi totale, mais qui, aux dires des patients, laissait subsister des points plus sensibles dans une zone indolore.

Ayant ainsi tenté de serrer la vérité au plus près nous pouvons fournir les résultats suivants portant sur 200 tailles de cavités.

SUCCES COMPLETS	104	soit 52 %
SUCCES PARTIELS	59	soit 29,5 %
ECHECS	37	soit 18,5 %

Ces statistiques nous ont paru très encourageantes et cela d'autant plus que la rigueur que nous avons apportée dans notre classification aboutit en fait à ne considérer que comme succès partiels des résultats qui montrent cependant une grande amélioration dans les possibilités de fraisage. Le chiffre capital se trouve donc être celui des échecs. Comme il n'atteint pas 20 %, nous constatons qu'en gros quatre cas sur cinq répon-

dent favorablement à l'électro-anesthésie dentinaire.

Nous verrons d'ailleurs plus loin qu'il est possible encore de diminuer le nombre des échecs en modifiant la méthode.

Ces résultats bruts doivent être étudiés de plus près, en particulier en les ventilant suivant le type de dent considéré.

Ces 200 dents représentent : 72 molaires
23 prémolaires
24 canines
81 incisives

Parmi les molaires 35 sont des molaires supérieures
37 " " inférieures.

Parmi les prémolaires 11 sont des prémolaires supérieures
12 " " inférieures.

Parmi les canines 16 sont des canines supérieures
8 " " inférieures.

Parmi les incisives 58 sont des incisives supérieures
22 " " inférieures.

Si nous faisons maintenant entrer ces différents types de dents dans notre classification en SUCCES, SUCCES PARTIELS et ECHECS, nous obtenons le tableau suivant :

Types de dents	Molaires supérieures	Molaires inférieures	Molaires groupées	P. Molaires supérieures	P. Molaires inférieures	P. Molaires groupées	Canines supérieures	Canines inférieures	Canines groupées	Inci-sives supérieures	Inci-sives inférieures	Inci-sives groupées	Total de ca
SUCCES	18	20	38	4	7	11	8	5	13	31	11	42	10
SUCCES PAR-TIELS	8	10	18	4	3	7	5	2	7	19	8	27	5
ECHecs	9	7	16	3	2	5	3	1	4	8	4	12	3
TOTAUX	35	37	72	11	12	23	16	8	24	58	23	81	20

L'étude de ce tableau montre que si nous groupons dents supérieures et inférieures nous avons un pourcentage d'échecs qui est le suivant :

Pour les molaires	22,2 %
Pour les prémolaires	21,7 %
Pour les canines	16,6 %
Pour les incisives	15,3 %

Il est intéressant maintenant d'examiner les intensités qui ont été actives suivant le type de dent soumise à l'électro-anesthésie. Nous groupons pour cela les SUCCES COMPLETS et les SUCCES PARTIELS, puisque dans les deux cas il y a eu réponse positive à une intensité donnée et nous obtenons le tableau ci-dessous :

Intensités actives	4 μ A	10 μ A
Incisives 69 cas	48 soit : 68 %	21 soit : 32 %
Canines 20 cas	15 soit : 75 %	5 soit : 25 %
Prémolaires 18 cas	7 soit : 40 %	11 soit : 60 %
Molaires 56 cas	19 soit : 33 %	37 soit : 66 %

Cette première série d'expériences ayant été faite nous avons pu en tirer quatre constatations.

1) L'électro-anesthésie dentinaire est plus active sur dent monoradiculée que sur dent multiradiculée. Remarque qui est d'ailleurs corroborée par les chiffres plus faibles de succès sur molaires supérieures que sur molaires inférieures, de même que par le plus grand nombre d'échecs. Une constatation analogue peut d'ailleurs être faite au sujet des prémolaires supérieures qui, dans la moitié des cas, sont des dents biradiculées.

2) L'intensité privilégiée pour obtenir l'anesthésie est de préférence $4 \mu A$ pour les dents monoradiculées et de $10 \mu A$ pour les multiradiculées.

3) Les intensités supérieures à $12 \mu A$ sont inefficaces.

4) Dans les cas d'échecs, aux intensités utilisées, aucune augmentation de la sensibilité n'a été provoquée. Seuls, certains patients réagissant d'ailleurs très favorablement à l'électro-anesthésie, percevaient au moment du contact de la fraise avec la dentine un petit picotement très fugitif. Nous savons d'ailleurs qu'un courant continu ne provoque de stimulation qu'au moment de la fermeture et de l'ouverture du circuit. Nous retrouvons donc ici cette stimulation, au demeurant fort légère, au moment de l'établissement du courant continu (fermeture du circuit). Par contre nous n'avons jamais rencontré le même phénomène lors du retrait de la fraise, c'est-à-dire à la rupture du courant (ouverture du circuit).

Les premiers travaux que nous venons de relater ne nous permettent pas de faire d'autres constatations. Dans toutes ces expériences la fraise était directement reliée à la borne (+) d'un générateur de courant continu. Nous nous sommes alors de-

mandés s'il ne serait pas possible d'obtenir une anesthésie en appliquant sur la dent à traiter une anode indépendante de notre instrument de travail. Sur le plan de la technique opératoire cette tentative n'avait aucun intérêt. Elle ne faisait que compliquer les choses puisqu'il est bien plus agréable d'avoir une fraise qui soit, tout en travaillant, le véhicule de l'anesthésie électrique. Par contre sur le plan théorique une telle manière de faire pouvait avoir l'avantage de nous permettre de localiser avec plus de précision à quel niveau agissait le courant continu.

Expériences faites avec application du courant en un point distinct de celui de la fraise

Nous avons dû évidemment modifier notre instrumentation de façon à mettre le courant anodique au contact de la dent à tester sans passer par la fraise. Nous avons pour cela utilisé une matrice de Wälzer. Dans une des boucles latérales de la matrice est introduit en force un cylindre de matière plastique. Il supporte une petite pièce de cuivre taraudée longitudinalement pour recevoir une fiche métallique reliée au pôle positif de notre appareil. A cette pièce de cuivre est soudé un fil d'argent suffisamment long pour atteindre n'importe quelle face de la dent. Ce fil d'argent qui sera notre anode se termine par la classique petite boule obtenue en fondant rapidement l'extrémité.

Il est évident que la difficulté est alors d'assurer un

contact entre l'anode et la dent choisie, en dehors de la partie cariée. Le fil d'argent ne peut être mis directement sur l'émail qui, trop résistant, empêcherait tout passage du courant. Il doit être mis en contact de la dentine. Et pour que l'expérience soit probante le plus loin possible de la zone à fraiser. Il faut donc puisqu'il n'est pas question de léser une zone saine, une dent présentant deux caries distinctes, autant que possible l'une mésio-occlusale, l'autre disto-occlusale (ou sur les faces vestibulaire et linguale). Compte tenu de cette nécessité et de l'encombrement de la matrice supportant notre petit appareillage, le tout complété par des rouleaux de coton et par la pompe à salive, nous avons choisi pour cette série d'expériences de travailler sur des molaires inférieures, de préférence, pour la facilité d'accès. Il n'est pas besoin de dire que ces dents avaient été au préalable testées lors d'un fraisage avec le montage habituel, c'est-à-dire avec une fraise-anode. Ce premier fraisage montrait qu'elles réagissaient très favorablement à l'électro-anesthésie. Il nous permettait également de nettoyer soigneusement l'une des caries. La matrice était alors mise en place. Le contact intime du fil d'argent avec la dentine était assuré par l'interposition d'une boulette de coton imbibée de sérum physiologique. Le courant était alors envoyé avec l'intensité qui dans la première phase avait été l'intensité optima d'anesthésie : soit $4 \mu A$, soit $10 \mu A$. Le fraisage pouvait alors commencer sur l'autre carie.

Trente expériences de ce genre ont été effectuées. Il nous est alors apparu inutile de les prolonger puisque le résultat fut entièrement négatif. Jamais aucune anesthésie ne fut obtenue par cette technique qui n'avait pour but que d'éclaircir le mécanisme d'action du courant anodique.

Ce résultat n'est cependant négatif qu'en apparence car il permet une conclusion importante : l'électro-anesthésie dentinaire ne peut être obtenue qu'autant que le courant passe par le point d'application de la fraise. C'est donc qu'il s'agit d'une anesthésie très localisée, n'intéressant que le territoire où l'instrument travaille et ses environs immédiats.

Nous avons donc jusqu'à maintenant étudié l'électro-anesthésie en portant sur la dentine une fraise transmettant un courant anodique, puis en plaçant sur une dent à soigner une anode indépendante de notre fraise. Nous nous sommes demandés ce qui se passerait si nous relions notre pièce à main à la borne (-) d'un générateur de courant continu. Ce fut le but des expériences que nous allons exposer.

Expériences faites avec une fraise transmettant un courant cathodique

Du point de vue technique le problème est simple à résoudre. Il suffit d'adjoindre à notre appareil fournissant du courant continu un inverseur permettant à volonté et instantanément de permuter les électrodes. De cette façon nous pouvons sans perdre de temps faire de notre fraise-anode une fraise-cathode. Dans ce cas c'est le pôle négatif qui sera appliqué sur la dent à traiter tandis que le patient tiendra en main la barre de cuivre qui jouera alors le rôle de pôle positif.

D'après ce que nous avons vu sur le principe de l'électrotonus nous devrions donc avoir au niveau de notre fraise un abaissement du seuil de stimulation, et, partant, une augmentation de la sensibilité.

Pour pouvoir utilement comparer les effets successifs du courant anodique puis du courant cathodique notre protocole d'expérimentation sera une fois pour toute arrêté de la façon suivante :

- 1) Essais en hyperpolarisation c'est-à-dire avec la fraise-anode. Comme nous connaissons bien maintenant les intensités optima pour l'anesthésie nous prendrons directement une intensité de $4 \mu A$. En cas d'échec à $4 \mu A$, l'essai se fera avec $10 \mu A$.
- 2) Notation des résultats et classement dans les rubriques habituelles : échecs, succès partiels, succès complets.
- 3) Essais en dépolarisation c'est-à-dire avec la fraise-cathode, en reprenant les intensités qui nous servent pour l'électro-anesthésie.

Ces manoeuvres se feront toujours dans le même ordre et quels que soient les résultats en hyperpolarisation.

Nous avons alors constaté avec surprise qu'il était possible d'obtenir une anesthésie en utilisant le courant cathodique. Et cela dans un certain nombre de cas précis qui sont, soit des cas d'échecs, soit des cas de succès partiels avec le courant anodique.

Notre expérimentation a porté sur 51 cas et nous en avons groupé les résultats dans le tableau ci-après.

	Nombre de cas	Pourcentage
Succès en hyperpolarisation (partiels + complets)	44	87 %
Succès partiels en hyperpolarisation	20	40 %
Succès complets en hyperpolarisation	24	47 %
Echecs en hyperpolarisation	7	13 %
Succès en dépolarisation	10	20 %
Echecs en dépolarisation	41	80 %
Succès à - 4 μ A	6	12 %
Succès à - 10 μ A	4	8 %
Succès en cas d'échecs par hyper- polarisation	2	4 %
Succès en cas de succès partiels par hyperpolarisation	8	16 %
Succès en cas de succès complets par hyperpolarisation	0	0 %
Hyperesthésies provoquées par la dépolarisation	5	10 %
Echecs dans l'une et l'autre méthode	5	10 %
Total des succès avec l'une et l'autre méthode	46	90 %
Succès complets avec l'une et l'autre méthode	34	67 %

Ce tableau appelle les remarques suivantes :

- 1) Lorsqu'il y a succès avec le courant cathodique ce succès est toujours complet. Il n'y a pas de demi mesure ; le succès partiel n'existe pas en utilisant cette technique.
- 2) Quand une anesthésie complète a été obtenue avec le courant anodique les résultats sont entièrement négatifs si on inverse les électrodes. Il n'est donc pas possible d'obtenir sur la même dent des résultats identiques avec les deux techniques opposées.
- 3) C'est principalement lorsque le succès n'a été que partiel avec le courant anodique que le courant cathodique apporte une solution positive.
- 4) Les échecs avec le courant anodique ne sont que faiblement rattrapés par l'emploi du courant cathodique.
- 5) Les risques d'hyperesthésie provoqués par la dépolarisation sont faibles et ne sont apparus que sur des dents qui avaient présenté une anesthésie totale avec le courant anodique. C'est-à-dire pour des dents sur lesquelles en pratique courante, il aurait été inutile d'utiliser le courant cathodique.
- 6) Le pourcentage des échecs totalisés avec l'emploi successif des deux méthodes est pratiquement ramené à 10 %. Mais surtout le pourcentage des succès complets augmente de 16 % avec le courant cathodique. Ce qui, si l'on additionne les succès complets dans les deux cas leur fait avoisiner le pourcentage de 70 %.

A la suite de ces dernières expériences nous pouvons donc affirmer qu'il est possible de diminuer de près de la moitié le pourcentage des échecs. Nous pouvons ainsi avoir en l'électro-anesthésie dentinaire une plus grande confiance et quand le besoin s'en fait sentir nous abandonnons le travail avec le courant anodique pour passer sur le courant cathodique.

Il est bon maintenant de rassembler les diverses constatations que nous avons faites tout au long de notre expérimentation portant sur un total de 281 préparations de cavités. Certaines ont déjà été mises en évidence au cours de l'explication de notre travail, d'autres ne sont pas apparues dans les tableaux fournis jusqu'ici.

- 1) L'âge du patient ne joue aucun rôle. Les statistiques faites à ce sujet ne laissent apparaître aucune dominante.
- 2) Le sexe du patient n'influe également en rien sur le résultat final.
- 3) Il n'y a pas d'individu sensible ou non à l'électro-anesthésie. Mais des dents plus ou moins anesthésiables. C'est ainsi que nous avons constaté plusieurs fois qu'un échec pouvait survenir sur une dent voisine d'une autre à réponse très favorable.
- 4) Les dents monoradiculées semblent un peu plus favorables à l'action de l'électro-anesthésie que les dents multiradiculées.
- 5) L'effet de l'électro-anesthésie n'est pas proportionnel à l'intensité du courant continu.
- 6) Il existe une intensité privilégiée pour une anesthésie correcte. Cette intensité est généralement de 4 μ A. Il peut

exister pour des dents qui ne répondent pas à cette intensité un deuxième niveau qui se situe à 10 μ A, avec maintien de l'anesthésie jusqu'à 12 μ A.

- 7) Les intensités supérieures à 12 μ A sont inefficaces.
- 8) Lorsqu'on se trouve en présence d'une dent réfractaire à l'électro-anesthésie aucune intensité n'agit et n'apporte même la moindre amélioration.
- 9) Les intensités utilisées n'entraînent jamais une augmentation de la sensibilité.
- 10) L'électro-anesthésie n'est possible que si le courant est amené sur la dentine à traiter par la fraise elle-même.
- 11) Bien souvent dans les cas considérés comme succès partiels une bonne anesthésie de la plus grande surface de la cavité est obtenue, sauf en des points bien précis où une légère douleur est perçue. Si l'on fait cesser l'anesthésie l'at-touchement à la sonde de ces mêmes points entraîne une douleur exquise.
- 12) Il existe une possibilité de rattraper certains échecs et surtout de transformer des succès partiels obtenus avec le courant anodique en succès complets si on utilise le courant cathodique. Dans cette éventualité les points douloureux que nous signalions au paragraphe précédent disparaissent également.

En nous basant sur ces diverses constatations nous allons maintenant examiner les hypothèses que l'on peut avancer au sujet du mode d'action de l'électro-anesthésie et nous en déduirons les idées que cela nous suggère concernant le mécanisme de la sensibilité dentinaire.

DISCUSSION

-:-

Nous l'avons dit au début de ce travail, les effets de l'électro-anesthésie s'expliquent par l'action électrotonisante du courant continu.

La première question qui vient donc à l'esprit est de savoir à quel niveau agissent ces courants électrotonisants. En d'autres termes, où se place cette section physiologique du nerf qui entraîne un blocage de la conduction ?

Ce peut être :

1) au niveau des filets nerveux empruntant les canaux radiculaires entre la pulpe et l'apex ; en particulier les fibres myélinisées qui sont considérées comme éléments sensitifs.

2) au niveau des récepteurs nociceptifs de la pulpe. Ces récepteurs à haut potentiel de membrane sont d'ailleurs peu nombreux (de 10 à 20).

3) au niveau des fibres nerveuses de la couche odontoblastique. Leur mise en évidence a été faite depuis longtemps et a même servi de base à une théorie de la sensibilité dentinaire. Selon BRÄNNSTRÖM l'odontoblaste et son prolongement odontoblastique, enserré dans un canalicule dentinaire dont la paroi est inextensible, formeraient un ensemble. Les perturbations d'ordre mécanique qui affectent le prolongement odonto-

blastique se transmettraient à l'odontoblaste qui en se déplaçant stimulerait les fibres nerveuses qui l'entourent.

4) au niveau des fibres nerveuses de la dentine.

Mais des fibres nerveuses pénètrent-elles ou non dans la dentine ? Le problème vaut qu'on s'y arrête brièvement tant il a suscité de controverses. Mais aujourd'hui il ne semble pas qu'il puisse y avoir encore des doutes à ce sujet : la dentine est innervée. Comme l'ont établi en particulier les travaux de BAUD et HELD en 1954, de FEARNEHEAD en 1957-1963, d'HATHYASY en 1961, de HELLA FUENTES en 1963, de FRANK en 1966, de KEREBEL en 1964 et 1969.

Tout d'abord dans la pré-dentine on trouve des fibres nerveuses qui sont de deux ordres ; les unes qui s'engagent dans les canalicules dentinaires ; les autres qui, extracanaliculaires ont un trajet le plus souvent perpendiculaire à la direction des canalicules. Le nombre de ces dernières fibres augmente d'ailleurs avec l'âge. Mais emprisonnées comme elles le sont dans un matériau calcifié elles ne semblent appelées, théoriquement qu'à jouer un rôle minime dans la sensibilité dentinaire.

Plus intéressantes sont les fibres intracanaliculaires. D'après l'étude qu'en a faite FRANK au microscope électronique ce sont des fibres sensibles amyéliniques d'un diamètre variant entre $0,5\mu$ et $0,7\mu$. L'axolemmme qui les entoure est séparé de la membrane cellulaire du prolongement odontoblastique par un espace étroit de $150\text{ \AA}$ à $200\text{ \AA}$ de large. Les deux membranes étant parallèles. L'axoplasme de la fibre contient de nombreuses mitochondries. On note également la présence de petites formations arrondies de $200\text{ \AA}$ à $500\text{ \AA}$ de diamètre entourées par une membrane à contenu clair ayant une ultrastructure identique à celle des vésicules synaptiques.

Ces fibres pénètrent ensuite dans la dentine en conservant le contact avec le prolongement odontoblastique. Leur diamètre se réduira (de 0,3 à 0,5 μ), les mitochondries seront moins nombreuses ; l'espace séparant l'axolemmme de la membrane cellulaire du prolongement de l'odontoblaste restera pratiquement le même (de 150 à 220 $\text{\AA}$), mais on ne notera plus d'ultrastructures pouvant faire penser à des vésicules synaptiques.

Pour la dentine périphérique et en particulier pour cette zone très sensible qu'est la jonction amélo-dentinaire le mystère reste entier ; aucune fibre n'a pu y être localisée.

On sait que le problème de la sensibilité dentinaire n'a cessé d'occuper de très nombreux chercheurs et qu'on n'est pas encore arrivé à une certitude absolue.

Nous ne passerons pas ici en revue les différentes théories sur la sensibilité dentinaire mais il n'apparaît pas déraisonnable, à priori, de penser que les fibres nerveuses mises en évidence dans la pré-dentine et la dentine jouent un rôle dans la transmission de la douleur. On objecte que tous les tubuli dentinaires ne renferment pas de fibres nerveuses. Ce qui est exact : loin s'en faut. Mais FRANK a calculé qu'il y avait en gros 60 000 canalicules par mm^2 et comme FEARNHEAD estime qu'un canalicule sur 200 ou sur 2 000 contient une fibre nerveuse, on peut en déduire qu'il existe de 30 à 300 fibres sensibles par mm^2 . Or un millimètre carré représente une surface très facilement atteinte lorsque l'on fraise une dent.

L'excitation des fibres nerveuses intracaniculaires pourrait donc être : directe, par lésion pure et simple
indirecte, par modification de leur environ-

nement sous l'effet du déplacement du contenu des canalicules à la suite d'ébranlement, dessiccation, modifications thermiques, etc...

Telle est du moins la théorie de ceux qui donnent aux fibres nerveuses intracanaliculaires un rôle primordial dans le mécanisme de la sensibilité dentinaire.

Quant à nous reprenons point par point l'étude des zones où peut agir le courant continu, créateur d'électrotonus.

1) au niveau des filets nerveux pénétrant dans les canaux radiculaires. Il semble que nous puissions affirmer sans risque d'erreur que ce n'est pas à ce niveau que s'effectue le blocage de la conduction. En effet nous rappellerons que toutes les expériences faites en plaçant sur une dent une anode en un point distinct et éloigné de celui du fraisage ont donné des résultats constamment négatifs et cela sur dents normalement bien anesthésiées si le courant anodique passe directement par la fraise, Lorsque nous avons constaté après nos premières tentatives d'électro-anesthésie que le procédé était fort valable il était tentant de penser que la section physiologique du nerf se faisait au niveau des filets radiculaires. Nous avons cependant un doute. Si cela était nous aurions dû pouvoir pénétrer sur une pulpe vivante sans douleur. Ce qui n'était malheureusement pas possible. Pour en avoir le coeur net nous avons donc monté ces expériences où la fraise travaille tandis que le courant anodique parvient à la dent par un autre chemin. Elles nous ont permis de rejeter l'hypothèse d'une action de l'anélectrotonus au niveau des filets nerveux intraradiculaires.

2) au niveau des récepteurs de la pulpe. Notre conclusion est la même que dans les cas précédents et pour les mêmes rai-

sons. Il nous paraît que les expériences de dissociation de l'anode et de la fraise doivent faire rejeter toute action à distance du courant anodique. Comme ce courant n'est capable de provoquer une anesthésie que s'il est transmis par l'instrument travaillant et dans la zone où il travaille, cela veut dire, selon nous, qu'il n'agit que sur un territoire relativement restreint qui est celui de son point d'application et sur les environs immédiats. Ces derniers étant d'autant moins intéressés qu'ils sont plus éloignés du centre d'action, suivant en cela la courbe de décroissance exponentielle de l'électrotonus exposée au début de cette étude.

3) au niveau des fibres nerveuses de la couche odontoblastique. D'après ce que nous venons de voir l'action du courant électrotonisant se ferait essentiellement en surface et à faible profondeur. En tout cas pas assez profondément selon nous, pour que ces fibres nerveuses situées à la périphérie de la pulpe puissent être directement soumises à l'électroanesthésie. Nous laisserons la question en suspens pour l'instant car nous sentons bien qu'il serait nécessaire d'avancer d'autres arguments pour éliminer toute action du courant anodique sur ces fibres. Nous reprendrons le problème un peu plus loin, avec, nous l'espérons, plus de conviction.

4) au niveau des fibres nerveuses de la dentine
Comme nous avons procédé par élimination il ne nous reste que cette seule zone d'action et nous devons en tirer la conclusion (encore provisoire) que c'est là que se trouve le niveau privilégié de l'efficacité du courant anodique. Cette conclusion est importante car elle donne aux fibres nerveuses de la dentine le rôle essentiel dans le mécanisme de la sensibilité dentinaire. Nous avons vu qu'on a longtemps objecté à leur présence ;

ce point est maintenant résolu. Pour minimiser leur rôle on fait alors ressentir leur pourcentage très faible par rapport au nombre des canalicules. Cela est exact, mais relativement. Car en chiffres absolus un nombre de fibres nerveuses oscillant entre 30 et 300 par mm² nous semble présenter une innervation fort convenable.

Essayons maintenant de serrer le problème de plus près et d'apporter à notre hypothèse le maximum de preuves, en voyant ce qui peut se passer dans le cas où nous nous servons de notre fraise comme d'une anode et dans le cas où cette fraise est transformée en cathode. C'est-à-dire dans le cas où nous réalisons soit un anélectrotonus, soit un catélectrotonus.

A N E L E C T R O T O N U S

L'explication la plus simple est que par ce moyen, conformément à la théorie, nous élevons le seuil d'excitabilité des fibres nerveuses et ne leur permettons pas de répondre aux stimuli externes. Cette simplicité ne résoud qu'une partie du problème et on ne pourrait s'y tenir que si il n'y avait ni échecs ni succès incomplets. Ce qui n'est pas le cas.

Il nous faut donc voir les facteurs susceptibles de varier d'une cavité à une autre lorsque nous procédons à une électro-anesthésie. La variation d'un ou de plusieurs de ces facteurs entraînant l'échec.

Nous en avons recensé quatre :

- le nombre de fibres nerveuses par mm²
- l'intensité du courant appliqué

- la longueur du trajet des fibres nerveuses dans les canalicules
- l'état de ces fibres.

1) Le nombre de fibres par mm²

Nous avons dit précédemment que ce nombre pouvait aller de 30 à 300 par mm². Une telle variation dans la proportion de 1 à 10, ne semble pas en physiologie nerveuse être suffisamment significative pour avoir une influence déterminante sur les effets de l'électro-anesthésie.

Nous pensons donc que c'est un facteur qui n'est que secondaire et n'est pas à prendre en considération.

2) l'intensité du courant appliqué

Le fait que suivant les cas il existe deux intensités privilégiées pour obtenir une électro-anesthésie convenable pose deux questions. Et la deuxième est beaucoup plus embarrassante que la première.

Pourquoi les seuils d'action, soit à $4 \mu A$, soit à $10 \mu A$ sont-ils si constants ?

Quelles sont les raisons qui peuvent faire que tantôt $4 \mu A$, tantôt $10 \mu A$ soient les intensités efficaces ?

La constance de ces seuils peut s'expliquer assez facilement. En général pour un nerf myélinisé les courants électrotoniques ont une intensité de 10^{-9} ampères. Or nous sommes ici en présence de fibres amyéliniques, avec un espace périnervale très faible (de l'ordre de $200 \text{ \AA}$), d'où l'on peut déduire que la plus grande partie du courant pénètre dans la fibre nerveuse. Si l'on tient compte que la section intéressée de la

dentine représente une surface de quelques mm², qu'il y a 60 000 canalicules au mm², que le courant les pénètre qu'ils contiennent ou non une fibre nerveuse, le rendement semble bon à première vue. Même avec une intensité de 4 μ A ; à plus forte raison avec 10 μ A. C'est ce qui explique vraisemblablement la stabilité de ces seuils.

Mais ce qui n'explique pas qu'il en existe deux. Nous avancerons trois explications possibles pour tenter d'éclairer ce phénomène :

- les conditions du fraisage
- la perméabilité des canalicules
- les différents niveaux d'action possibles du courant.

a) les conditions du fraisage

Rappelons nous que l'anélectrotonus est maximum au point d'application du courant. Il va décroître tout autour de ce point mais conserver cependant une intensité suffisante pour élever le seuil d'excitabilité des fibres les plus voisines qui peuvent être stimulées par l'ébranlement et l'échauffement dûs au fraisage. Si les stimulations mécaniques et thermiques sont faibles la stimulation de ces fibres ne sera pas assez forte pour atteindre le nouveau seuil d'excitabilité fixé à un plus haut niveau par l'anélectrotonus. Par contre si ces stimulations sont trop intenses, non seulement des fibres du voisinage immédiat du point de fraisage pourront être suffisamment stimulées pour atteindre ou dépasser le nouveau seuil d'excitabilité, mais encore des fibres plus éloignées qui en tout état de cause restaient en dehors de la zone anélectrotonisée seront-elles aussi stimulées. Ainsi l'effet bienfaisant de l'anélectrotonus disparaîtra-t-il et la douleur surviendra-t-elle de nouveau.

Il est évident que cette décroissance spatiale de l'anélectrotonus sera d'autant moins rapide que le courant initial sera plus intense. Des fibres nerveuses laissées à l'écart avec une intensité de $4 \mu A$ seraient au contraire recrutées par un courant de $10 \mu A$. Tout dépendrait en fait des conditions locales du fraisage.

C'est pourquoi, l'expérience aidant et afin d'éviter le maximum de vibrations nous n'avons employé que des fraises de faible diamètre (en général n°4 de la classification) et que nous pensons que le fait de tremper régulièrement cette fraise dans du sérum physiologique, outre que cela facilite le passage du courant, lutte aussi contre l'échauffement. SUZUKI préconisait lui, de travailler sous pulvérisation d'une solution saline. Cette méthode ne nous a pas convaincu ; les résultats sont bien moins bons. Sans doute parce qu'une telle pulvérisation refroidit la dent dans toute sa masse. Même en pré-chauffant le liquide de pulvérisation, la détente le refroidit toujours trop ; aussi la dent est-elle soumise à un refroidissement plus ou moins intense qui peut expliquer qu'elle soit douloureuse. Ce fait soit dit en passant nous semble influencer en faveur de l'action localisée de l'électro-anesthésie car si le courant anodique avait une action au niveau des filets nerveux de la pulpe et de la racine, ce serait sans inconvénients. La dent ne serait pas plus sensible au refroidissement qu'elle ne l'est au fraisage.

Mais revenons à notre étude des conditions de fraisage. Si les hypothèses que nous avons avancées sont exactes il semblerait donc qu'on ait intérêt à toujours employer une intensité de $10 \mu A$ afin d'avoir l'anélectrotonus le plus fort possible et intéressant le maximum de fibres. Or c'est une intensité de

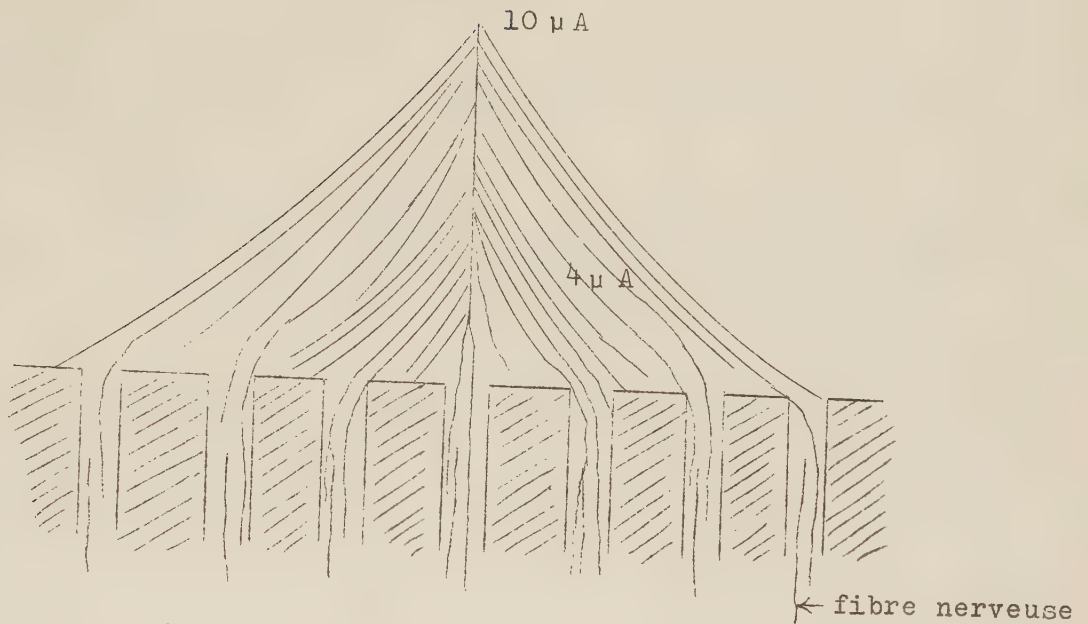
4 μ A qui est généralement employée avec succès. Notre hypothèse ne pourrait donc raisonnablement expliquer la dualité des seuils d'efficacité qu'en partie. Il nous faut pousser plus avant notre réflexion et faire intervenir :

b) la perméabilité des canalicules dentinaires

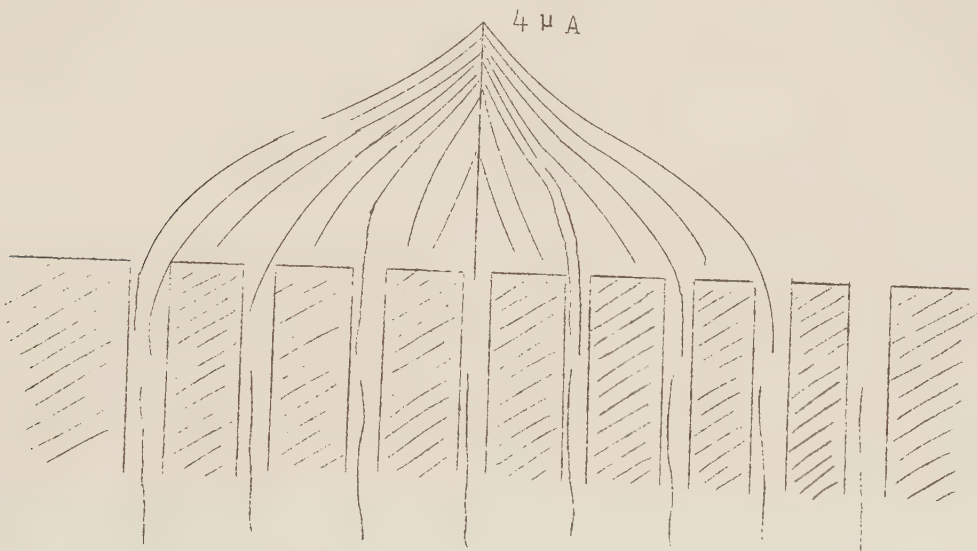
On peut penser que cette perméabilité est variable d'une cavité à l'autre. Si on se trouve en présence de canalicules très perméables le courant va littéralement s'y engouffrer au point même de son application. Le nombre de canalicules intéressés par le courant électrotonisant, et en conséquence des fibres nerveuses qui peuvent se trouver dans certains d'entre eux, sera relativement restreint. Autrement dit la décroissance spatiale de l'anélectrotonus provoqué sera beaucoup plus rapide. Les fibres du voisinage stimulées par le fraisage ne recevront aucun courant et garderont ainsi toute leur sensibilité. Il faudra donc pour recruter ces fibres et supprimer la douleur augmenter la surface d'action de l'anélectrotonus. Il n'existe pas d'autre moyen que d'élever l'intensité du courant. Dans ce cas nous abandonnerons la valeur de 4 μ A pour passer à 10 μ A.

Au contraire si les canalicules ont une perméabilité faible ou tout simplement normale, l'anélectrotonus provoqué par un courant de 4 μ A gardera de part et d'autre de son point d'application une intensité suffisamment forte pour que toutes les fibres qui peuvent être stimulées au cours du fraisage aient leur seuil d'excitabilité augmenté.

Ainsi en nous appuyant sur une conformation qui est, soit purement anatomique, soit la conséquence d'une lésion carieuse, nous pensons donner une solution à l'irritant problème de la variation des intensités nécessaires en électro-anesthésie



Dans le cas de canalicules très perméables l'anélectrotonus produit par un courant de 4 μ A ne couvre qu'une surface restreinte. Pour que cet anelectrotonus intéresse un nombre suffisant de canalicules il faut utiliser un courant de 10 μ A (Seuls les canalicules renfermant une fibre nerveuse sont ici représentés.)



Dans le cas de canalicules peu perméables un anélectrotonus produit par un courant de 4 μ A intéresse un grand nombre de canalicules

dentinaire. Cependant il est un point qu'on ne peut laisser dans l'ombre, et c'est :

c) les différents niveaux d'action du courant possibles
D'un point de vue strictement physiologique il est tentant de dire que si notre courant anodique présente deux seuils d'efficacité c'est que dans chacun de ces deux cas il n'agit pas sur le même type de fibres nerveuses. Ainsi avec $4 \mu A$ nous atteindrions certaines fibres et avec $10 \mu A$ nous agirions sur d'autres. C'est en général ainsi que cela se passe ; à seuils différents correspondent des fibres de nature différente. Comme nous avons éliminé au début de la discussion les filets nerveux intraradiculaires et les éléments nociceptifs de la pulpe, nous n'avons plus à notre disposition que les fibres nerveuses intracanaliculaires et les fibres nerveuses péri-odontoblastiques. Nous pourrions dire par exemple qu'avec $4 \mu A$ nous élevons le seuil d'excitabilité des premières, tandis qu'avec $10 \mu A$ nous élevons le seuil d'excitabilité des secondes. C'est un raisonnement valable et qui n'élimine pas totalement les odontoblastes de la sensibilité dentinaire.

En n'examinant que les phénomènes produits par l'action du courant anodique une telle conclusion est possible. Mais nous avons vu qu'il arrive que des anesthésies soient provoquées par le courant cathodique. Or les hypothèses que nous formulons pour expliquer l'action de ce cathélectrotonus ne permettent guère d'envisager que les fibres nerveuses péri-odontoblastiques jouent le premier rôle dans la sensibilité dentinaire. Nous allons commencer cette explication en étudiant le troisième facteur pouvant varier d'une cavité à l'autre lorsque nous faisons une électro-anesthésie.

3) la longueur du trajet des fibres nerveuses intracanaliculaires

Il ne paraît pas, à la lumière de tous les travaux faits en microscopie électronique, que la fibre nerveuse pénètre bien avant dans un canalicule. On peut donc estimer, en fonction de la profondeur de la carie, que deux possibilités vont se présenter au cours du fraisage :

a) ou bien la fraise ne lèse pas directement la fibre. Dans ce cas la douleur n'est provoquée que par la vibration, l'échauffement, la pression, qui stimulent indirectement la fibre par modification ou mouvement du contenu des canalicules. L'anélectrotonus agit alors normalement sur cette fibre par élévation du seuil de stimulation.

b) ou bien la fraise lèse directement la fibre. La douleur naît alors de cette lésion qui, comme toute lésion, est dépolarisante et entraîne la naissance de potentiels d'action. Dans ce cas la membrane est détruite et notre électrode active ne se trouve plus être extracellulaire mais intracellulaire. Rappelons nous qu'à l'état normal la face externe de la membrane est polarisée positivement tandis que sa face interne est polarisée négativement. Or notre électrode intracellulaire se trouve être ici une anode et il sera impossible de restaurer le potentiel de membrane détruit par la lésion. Si nous voulons supprimer la douleur il faut élever le seuil d'excitabilité de la fibre, ce qui passe par un rétablissement du potentiel de membrane. Pour rétablir ce dernier il faudrait que notre électrode intracellulaire permette une repolarisation négative de l'intérieur de la fibre, autrement dit qu'elle soit une cathode. Ainsi le cathélectrotonus tendrait assez curieusement à restaurer le potentiel de membrane et à avoir des propriétés anesthé-

siantes inattendues. Ce qui expliquerait, d'une part les bonnes anesthésies obtenues avec une fraise-cathode, d'autre part, avec utilisation d'une fraise-anode les échecs absolus, mais aussi certains succès partiels. Ce sont ceux dont nous avons dit en étudiant les résultats qu'ils représentaient une cavité indolore dans sa plus grande surface avec, çà et là, des points de sensibilité plus grande. Sans doute ces points correspondent-ils à des fibres nerveuses dont l'extension depuis la pulpe est particulièrement importante, et qui sont lésées lors du fraissage.

Donc, en résumé, l'anélectrotonus ne serait efficace qu'autant que la fibre nerveuse intracanaliculaire ne serait pas lésée.

De cette hypothèse on pourrait tirer une conclusion simple mais hâtive.

Si nous travaillons sur une carie superficielle nous avons peu de chances de léser des fibres dont le trajet intracanaliculaire est en général assez court. Nous relierons notre fraise à la borne (+) du générateur de courant continu afin de créer un anélectrotonus qui élèvera le seuil d'excitabilité.

Si nous travaillons sur une carie profonde des fibres nerveuses intracanaliculaires seront automatiquement lésées, l'anélectrotonus deviendra inefficace. Nous relierons notre fraise à la borne (-) de l'appareil afin d'obtenir une "restauration" du potentiel de membrane grâce à un "catélectrotonus" qui n'en est pas véritablement un.

Une telle conclusion, comme toutes les conclusions hâtives, est très superficielle. Elle ne tient pas compte de notre

quatrième facteur qui est :

4) l'état physiologique des fibres nerveuses

Si nous sommes en présence d'une carie profonde mais ancienne, peu ou pas douloureuse spontanément on peut penser raisonnablement deux choses :

- ou bien la membrane a eu le temps de se reformer à l'extrémité de la fibre
- ou bien la fibre a dégénéré sur une certaine longueur.

Dans les deux cas nous avons une fibre intacte et nous retombons sur le cas banal où l'anélectrotonus a toute son efficacité.

Le fait d'être devant une dent présentant des douleurs spontanées signifierait au contraire une destruction de la membrane de la fibre. En effet dans ce cas au point de destruction de la membrane les polarités positive et négative se trouvent directement en contact. La dépolarisation qui en résulte entraîne la naissance de potentiels d'action qui sont à l'origine de la douleur. Pour supprimer ces potentiels d'action il faut restaurer le potentiel de membrane, en établissant une polarité normale, c'est-à-dire négative, dans le milieu intracellulaire. Comme nous l'avons vu précédemment nous y arriverons grâce à un "catélectrotonus".

Mais ceci n'est possible que si la membrane n'a pas eu le temps de se reformer, donc dans des cas de caries très récentes ou de traumatismes.

Il est ainsi impossible de ne faire intervenir que la seule profondeur de la carie dans notre raisonnement. Il faut

aussi tenir compte de son ancienneté et de son mode d'installation. Nous devons honnêtement dire que les observations faites au cours de l'expérimentation ne permettent ni de confirmer ni d'infirmer absolument cette hypothèse. La seule constatation nette que nous ayons pu faire est que l'anélectrotonus garde toute sa valeur dans les caries profondes mais anciennes. Ce qui est sans doute favorable à l'idée que dans ce cas la membrane s'est reformée à l'extrémité de la fibre. Aller plus loin serait pour le moment hasardeux.

En étudiant les deux derniers facteurs (longueur du trajet des fibres nerveuses dans les canalicules et état de ces fibres) qui peuvent varier suivant la cavité devant laquelle on se trouve, il nous semble que nous examinons d'un peu plus près la répartition des rôles éventuels que jouent dans le mécanisme de la sensibilité dentaire les fibres nerveuses intracanaliculaires et les fibres nerveuses périodontoblastiques. En effet si l'on avait pu jusque là penser qu'elles pouvaient intervenir aussi bien l'une que l'autre, il nous semble maintenant que la balance penche plus franchement en faveur des fibres intracanaliculaires. Le fait que le catélectrotonus puisse dans certains cas provoquer une anesthésie et ce que nous avons suggéré au sujet de son mode d'action ne peut s'appliquer aux fibres périodontoblastiques. Il faut en effet pour que le courant cathodique puisse avoir des propriétés anesthésiantes qu'il s'adresse à des fibres dont la membrane est détruite soit par le fraisage, soit par la carie. Comme tout notre travail ne porte que sur des tailles de cavités dans la dentine, à l'exclusion de toute carie pénétrante, il est exclu que les fibres périodontoblastiques aient leur membrane lésée. Seules les fibres intracanaliculaires sont susceptibles d'être dans une telle situation.

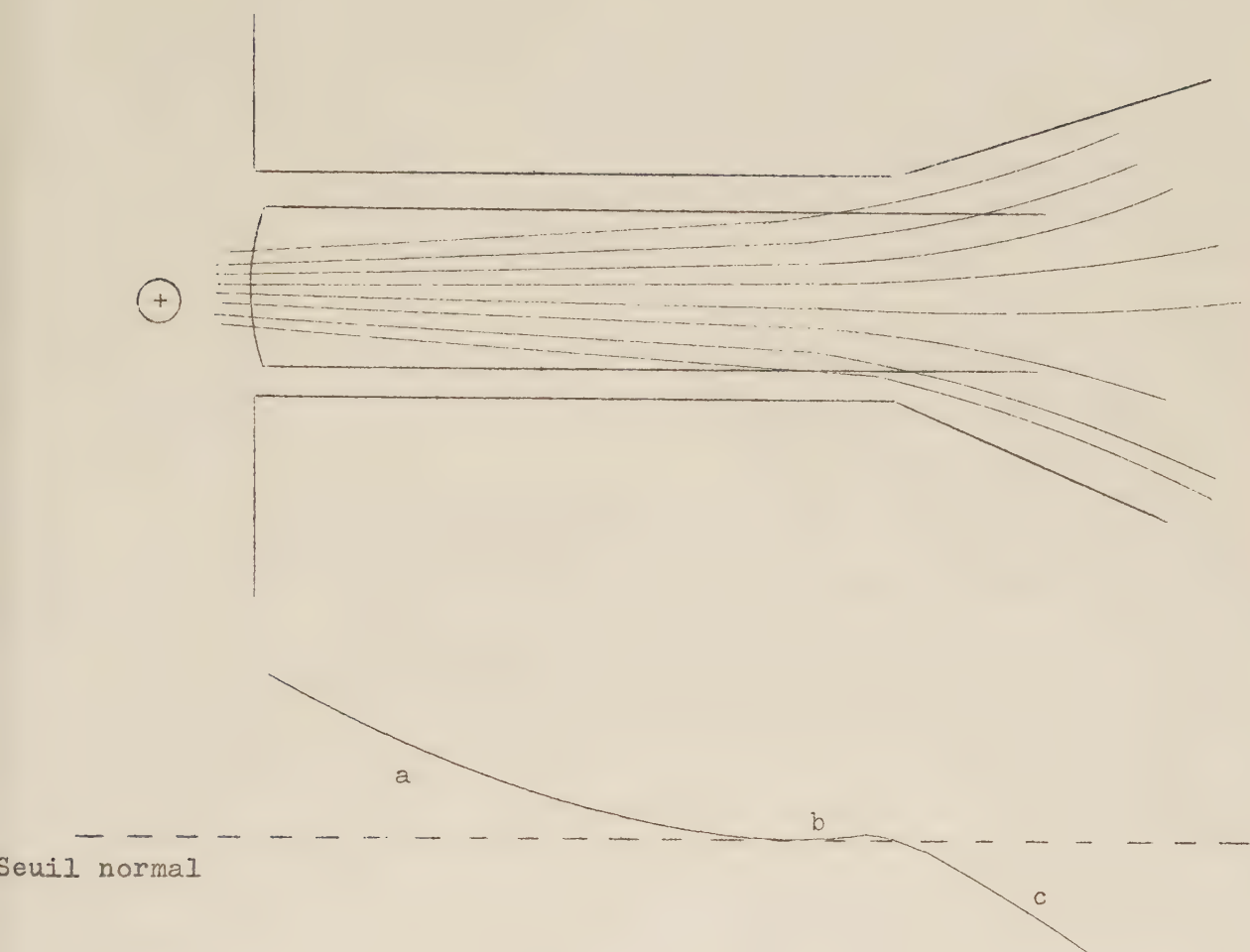
Mais il est encore un autre argument que nous allons examiner et qui pourra donner une explication supplémentaire des échecs de l'anélectrotonus et des succès du catélectotonus. Il s'agit d'une hypothèse qui nous était d'ailleurs venue à l'esprit et nous avait incités à tenter les expériences en inversant la polarité des électrodes.

Cette hypothèse est la suivante ; lors de l'anélectrotonus il y a hyperpolarisation au point d'application de la fraise, c'est-à-dire à l'extrémité des canalicules dentaires ; mais ne peut-il y avoir dépolarisation à leur origine, autrement dit à leur point de départ de la chambre pulpaire ?

Théoriquement cela semble tout à fait possible. L'espace péricellulaire est fort réduit, ce qui favorise la pénétration des lignes de force du champ électrique dans la fibre. Mais à l'arrivée dans la chambre pulpaire un canalicule peut présenter un élargissement supérieur à la moyenne et il en résulte une brusque dispersion des lignes de force. Les courants sortent donc de la fibre, la polarisation diminue brutalement et cette dépolarisation entraîne un abaissement du seuil d'excitabilité.

Ainsi, pour le cas où ce canalicule contiendrait une fibre nerveuse, le courant anodique permettrait bien de diminuer la sensibilité au point d'application, mais à l'autre extrémité, à l'arrivée dans la chambre pulpaire et pour des raisons de configuration anatomique, la stimulation serait au contraire facilitée.

Il y aurait là une raison supplémentaire pour expliquer les échecs de l'anélectrotonus.



Influence présumée de la morphologie d'un canalicule sur le seuil d'excitabilité pour une fibre à membrane intacte lors de l'application d'un courant anodique.

- a) Seuil augmenté
- b) Retour à la normale du seuil
- c) Seuil diminué

Et nous noterons que ce point de vue ne peut s'appliquer qu'à des fibres enserrées dans les parois d'un canal. C'est-à-dire aux fibres intracanaliculaires. Si notre explication des échecs est la bonne, il est exclu qu'elle puisse s'appliquer aux fibres nerveuses périodontoblastiques qui circulent librement autour des odontoblastes.

Nous voyons donc que nous ne pouvons expliquer les échecs de l'anélectrotonus que de deux manières, dans l'état actuel de notre travail :

ou les fibres sont lésées

ou les fibres nerveuses circulent dans un canalicule.

Dans les deux cas nous excluons du champ d'application du courant les fibres nerveuses périodontoblastiques. En inversant le raisonnement nous sommes peut être en droit de dire que ces fibres ne jouent pas de rôle dans le mécanisme de la sensibilité dentinaire. C'est parce que le mode d'action de l'électro-anesthésie dentinaire ne nous semble explicable que par la présence et l'activité des fibres nerveuses intracanaliculaires, que nous estimons que la sensibilité de la dentine repose essentiellement sur ces fibres. Elles seraient donc excitées :

soit directement par lésion due à la carie, à un traumatisme ou au fraisage,

soit indirectement par mouvement du contenu des canalicules provoqué par des variations thermiques ou des chocs mécaniques.

Telles sont les conclusions que nous croyons pouvoir avancer en terminant cette étude de l'anélectrotonus. Mais nous n'oublions pas que nous avons également obtenu des anesthésies dentinaires excellentes par l'emploi du courant cathodique. Nous

devons maintenant tenter d'expliquer pourquoi.

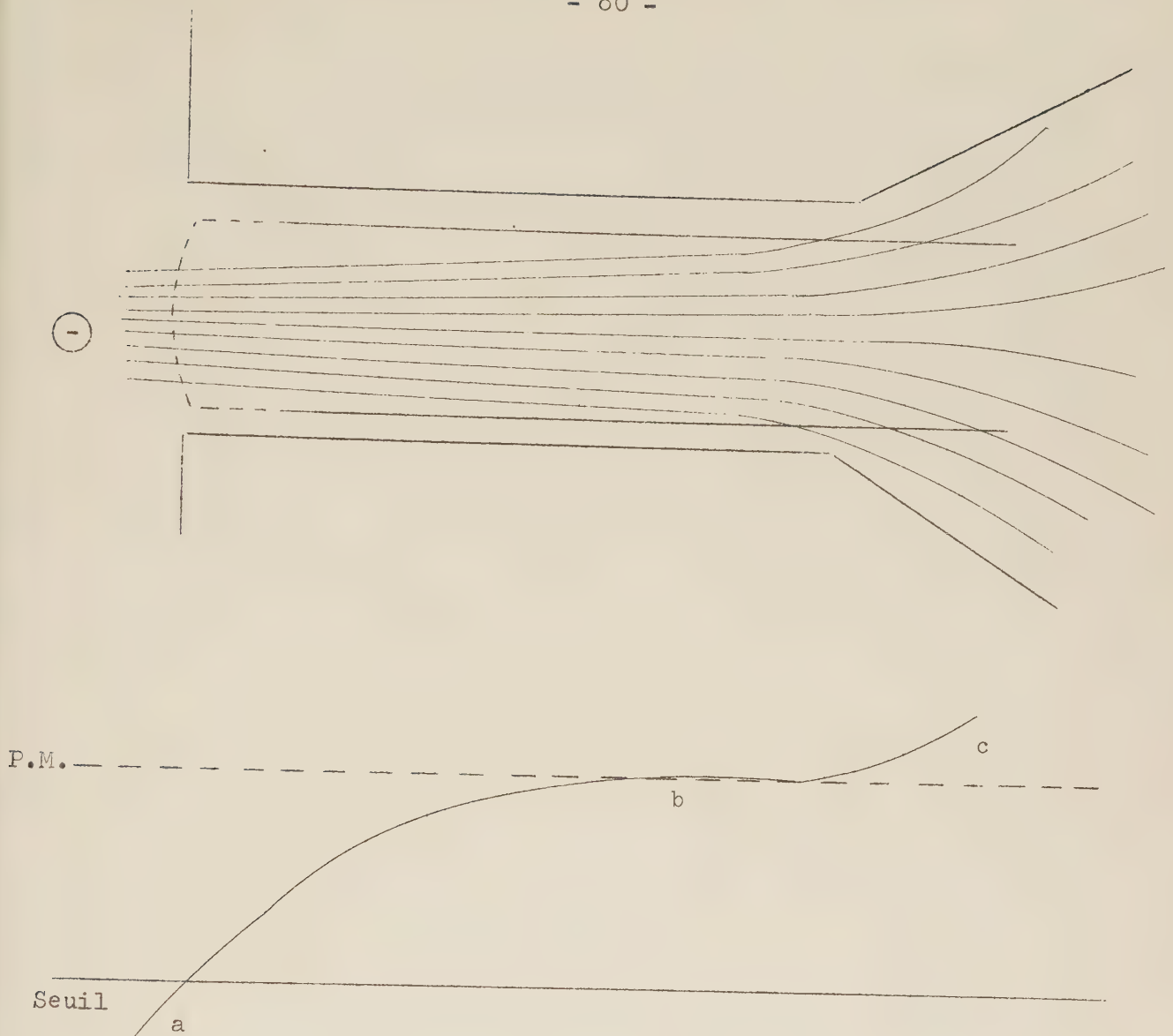
C A T E L E C T R O T O N U S

Nous serons beaucoup plus brefs sur ce sujet car, en présentant les hypothèses qui peuvent expliquer les échecs de l'anélectrotonus, nous avons par là-même tenté l'explication des succès du catélectrotonus.

Résumons donc. Le catélectrotonus serait efficace dans les cas de destruction de la membrane de la fibre (soit par lésion directe due au fraisage, soit par lésion due à un traumatisme subi par la dent, soit encore s'il s'agit d'une carie très récente). Dans toutes ces éventualités, notre fraise-cathode, agissant sur une fibre entièrement dépolarisée, deviendrait une électrode intracellulaire et permettrait de 'restaurer' le potentiel de membrane, donc d'élever le seuil de stimulation.

Le catélectrotonus serait également efficace pour des raisons découlant de la morphologie des canalicules. Dans une symétrie parfaite avec ce que nous avons estimé possible pour l'anélectrotonus, nous aurions avec une cathode concentration des lignes de force et pénétration du courant cathodique à l'extrémité des canalicules d'où une dépolarisation ; mais dispersion de ces lignes de force et sortie du courant en cas d'élargissement brusque du canalicule à l'arrivée dans la chambre pulpaire, d'où repolarisation et hyperpolarisation. Cette hyperpolarisation bloquant la conduction.

Nous voudrions cependant ajouter deux remarques :



Influence présumée de la morphologie d'un canalicule sur le seuil d'excitabilité pour une fibre à membrane détruite lors de l'application d'un courant cathodique.

- a) Dépolarisation inférieure au seuil entraînant une douleur spontanée
- b) "Restauration" du potentiel de membrane
- c) Augmentation du seuil

1) Dans le cas du catélectrotonus il est possible que les deux hypothèses précédentes se combinent. En effet si nous sommes en présence d'une fibre dont la membrane a été détruite le catélectrotonus va "restaurer" le potentiel de membrane. L'excitabilité au niveau de la lésion cellulaire diminuera comme nous l'avons déjà expliqué. De plus par suite d'un élargissement du canalicule à son entrée dans la chambre pulpaire il va y avoir un blocage de la conduction provoqué par l'hyperpolarisation à ce niveau. Cela n'est d'ailleurs pas tout à fait exact car excitabilité et conduction vont de pair, et le blocage de la conduction se ferait ici pour des fibres qui seraient déjà devenues inexcitables. Mais il est intéressant de noter que l'on retrouve là un système de sécurité que les anglo-saxons décrivent sous le nom d'emergency.

Ce qui est sûr c'est qu'on pourrait prévoir dans un tel cas une très grande efficacité du catélectrotonus. Et il est vrai dans les expériences que nous avons faites, que lorsque nous obtenions une anesthésie avec une fraise-cathode cette anesthésie était toujours totale. Jamais nous n'avons obtenu d'anesthésie simplement partielle.

Une telle constatation vient apporter du renfort à nos hypothèses.

Abordons maintenant notre deuxième remarque.

2) Admettons que les modes d'action du courant cathodique que nous avons proposés soient les bons. Notre fraise-cathode est appliquée sur des fibres dont elle détruit la membrane ou dont la membrane a été préalablement détruite ; suivant notre hypothèse elle provoque l'anesthésie. Le catélectrotonus est maximum au point d'application de la fraise mais il va décroître de part et d'autre. Les canalicules voisins du point de

fraisage recevront ainsi une intensité de courant plus faible mais non négligeable. Les fibres nerveuses qu'ils peuvent renfermer ne sont pas obligatoirement des fibres à membrane détruite, et en tout cas la fraise ne les lèse pas directement. Donc le catélectrotonus devrait non pas provoquer leur anesthésie mais leur hyperesthésie ; d'autant plus que ces fibres sont déjà stimulées par l'échauffement et l'ébranlement du fraisage ; elles ont toutes les raisons d'être particulièrement sensibles. Pour que le catélectrotonus n'ait pas une action extrêmement localisée, quasiment ponctuelle il faudrait que nos hypothèses sur l'hyperpolarisation possible à l'arrivée des canalicules dans la chambre pulpaire soit exacte. Dans ce cas, même les fibres voisines pourraient voir leur conduction bloquée, mais à condition qu'elles logent dans les canalicules présentant un élargissement suffisant pour assurer une bonne dispersion des lignes de forces.

Nous aurions ainsi une anesthésie parfaite, en faisant intervenir l'une ou l'autre hypothèse suivant que l'on se trouve au point d'application de la cathode ou dans son voisinage.

On conçoit aisément qu'il faut alors une telle convergence de facteurs favorables pour que la fraise-cathode ait une action anesthésiante, que dans la pratique il ne sera utilisable que dans un petit nombre de cas. Ce que confirme d'ailleurs nos statistiques.

L'échec du courant cathodique surviendrait donc dans deux cas :

- ou bien la fraise travaille dans une zone où les fibres nerveuses sont intactes et il se produit conformément à la théorie un catélectrotonus abaissant le seuil d'excitabilité.

- ou bien la fraise travaille sur des fibres à membrane détruite et notre hypothèse sur la restauration du potentiel de membrane est valable pour ces seules fibres, mais les fibres voisines non lésées, contenues dans un canalicule dont la conformation ne permet pas une suffisante dispersion des lignes de force à l'entrée dans la chambre pulpaire, sont normalement stimulées.

Nous venons donc de tenter l'explication des divers phénomènes qui peuvent se produire lorsqu'on soumet une dentine fraisée soit à un anélectrotonus, soit à un catélectrotonus.

Les hypothèses que nous avançons nous semblent correspondre aux observations que nous avons faites. En particulier nous croyons avoir dit pourquoi il est nécessaire d'utiliser une intensité qui est tantôt de $4 \mu A$, tantôt de $10 \mu A$.

Mais il reste deux questions pour lesquelles nous devons avouer n'avoir pas de réponse, compte tenu des expériences auxquelles nous nous sommes livrés.

Ces deux questions sont les suivantes :

1) Pourquoi les intensités supérieures à $12 \mu A$ sont-elles inefficaces ?

2) Pourquoi les dents multiradiculées réclament-elles plus souvent que les autres une intensité de $10 \mu A$ pour être anesthésiées ?

Pour répondre à la première de ces questions nous avançons deux hypothèses :

a) Il est possible que, lorsque partant de $12 \mu A$ nous augmentons progressivement l'intensité, il y ait à chaque instant

une adaptation des fibres nerveuses à leur nouveau potentiel. De même que quand un organisme est soumis durant un temps assez long à une certaine contrainte il s'y adapte et la contrainte n'a plus aucun effet, de même si la montée des intensités est trop progressive les fibres nerveuses s'y adaptent et on ne peut jamais obtenir d'anesthésie même à une forte intensité. Nous rejoindrions ici une notion symétrique de celle qui dans l'étude de l'excitabilité nerveuse est connue sous le nom de climalyse. Et s'il faut, comme nous le savons, un effet de surprise pour stimuler le nerf, il faudrait aussi, dans le cas qui nous occupe, un effet de surprise pour réduire son excitabilité. Mais, et c'est là que nous rejoignons notre deuxième hypothèse.

b) Il ne faut pas que dans cet "effet-surprise" l'intensité soit trop forte. Car alors même au niveau de l'électrode positive, le choc crée par l'établissement brutal d'une forte intensité, bien loin de rehausser le seuil d'excitabilité provoque une stimulation.

Résumons donc ces deux hypothèses complémentaires :
les intensités supérieures à 12 μ A seraient inefficaces,

- parce que si on les impose progressivement elles provoquent à chaque instant une adaptation des fibres nerveuses à leur nouveau potentiel ;
- et parce que si on les impose brusquement elles sont capables de stimuler ces mêmes fibres nerveuses.

Quant à l'observation qui montre que les dents multiradiculées sont plus sensibles à une intensité de 10 μ A que les autres nous ne pouvons en l'état actuel de notre travail l'expliquer. Nous sommes obligés de constater le fait mais nous

n'avons rien trouvé, notamment dans le domaine de l'histologie, qui puisse nous mettre sur une piste. Qu'il eut été agréable qu'un auteur puisse nous montrer que sur une molaire, par exemple la configuration des canalicules, leur nombre, le pourcentage des fibres nerveuses intracanaliculaires, différeraient de ce qu'on trouvait sur une incisive !

Sans doute aurions nous pu trouver dans de telles constatations l'amorce d'une explication. Mais il n'en est rien et l'opinion des histologistes ne semble pas avoir beaucoup varié depuis ce que disait FEARNEHEAD en 1962 au symposium de Londres sur le mécanisme de la sensibilité dentinaire : "il y a une très grande diversité dans le nombre des fibres nerveuses intracanaliculaires d'un individu à l'autre, d'une dent à l'autre, et même il existe une variation entre les différentes zones d'une même dent". Nous devons donc honnêtement laisser dans l'ombre ce problème posé par les dents multiradiculées dans l'état actuel de nos recherches.

CONCLUSIONS

-:-

Nos conclusions seront de deux ordres : pratiques et théoriques.

I) Conclusions pratiques

- L'électro-anesthésie dentinaire est une anesthésie locale fort efficace. Elle ne permet que les interventions sur la dentine.

- Elle est instantanée. Sa durée est strictement limitée au temps de travail.

- Elle n'apporte au patient aucune gêne particulière.

- Elle est d'un maniement très simple pour le praticien et n'entraîne aucune perte de temps.

- L'intensité du courant utilisé est trop faible pour provoquer une quelconque douleur surajoutée. Elle est sans danger pour la vitalité pulpaire et à plus forte raison pour l'organisme.

- La profondeur de l'anesthésie n'est pas proportionnelle à l'intensité du courant.

- Il existe pour une bonne anesthésie une intensité privilégiée qui est en général de 4 μ A mais qui peut être de 10 μ A en cas d'échec à 4 μ A.

- La stabilité de ces seuils d'efficacité est remarquable.

- Normalement le courant utilisé est le courant anodique. La fraise est dans ce cas reliée à la borne (+) d'un générateur de courant continu, le patient tenant en main un cylindre de cuivre relié à la borne (-). On commence toujours par l'application de ce courant anodique.

- En cas d'échec ou de succès incomplets il est possible d'inverser le courant et d'utiliser le courant cathodique. Les succès qu'on obtient lors d'une telle utilisation permettent de ramener le pourcentage global d'échecs à 10 %.

Les inconvénients de la méthode sont peu nombreux.

- Il existe malgré tout un pourcentage d'échecs de 10 % qui ne paraît pas comprimable dans l'état actuel de notre travail.

- L'anesthésie est très localisée et ne peut être utilisée que dans le fraisage de la dentine. Elle ne permet pas, en particulier, une pénétration indolore dans la chambre pulpaire.

2) Conclusions théoriques

- L'électro-anesthésie dentinaire provoque un blocage de la conduction nerveuse qui ne se fait ni au niveau des filets nerveux intraradiculaires, ni au niveau des récepteurs spécialisés de la pulpe. C'est là une conclusion ferme. Elle est basée sur l'impossibilité d'obtenir une anesthésie lorsque l'anode est placée en un point distinct et éloigné de celui de la fraise. Toutes les expériences faites dans cet esprit ont été négatives.

- En fonction des théories sur le mécanisme de la sensibilité dentinaire on pourrait admettre que le courant agisse soit sur les fibres nerveuses qui entourent les odontoblastes si l'on accepte les conceptions hydrodynamiques de BRÄNNSTRÖM soit sur ces fibres nerveuses intracanaliculaires dont la présence n'est plus niable depuis les récents travaux en microscopie électronique, notamment ceux de FRANK et de KEREBEL. Ces fibres nerveuses pouvant être excitées par lésion pure et simple, ou indirectement par modification de leur environnement.

- La seule utilisation du courant anodique ne permet pas de privilégier l'une ou l'autre de ces théories. On conçoit aisément en effet que l'anélectrotonus puisse aussi bien élever le seuil d'excitabilité des fibres nerveuses péri-odontoblastiques que celui des fibres nerveuses intracanaliculaires.

- Par contre l'utilisation du courant cathodique et ses succès dans un certain nombre de cas permet de penser que les fibres nerveuses de la couche des odontoblastes ne jouent pas un rôle essentiel dans la sensibilité dentinaire. Les hypothèses que nous avons formulées sur l'action anesthésiante du catélectrotonus supposent en effet que les fibres intéressées aient, soit leur membrane détruite, soit un trajet dans un canalicule conformé de façon à ce qu'une inversion de polarité soit possible entre les deux extrémités.

Ces conditions n'existent que pour les fibres nerveuses intracanaliculaires. Mais les fibres nerveuses périodontoblastiques ne peuvent avoir leur membrane lésée au cours d'un fraissage dans la dentine et leur trajet est trop libre pour permettre cette possible inversion de polarité à laquelle nous avons fait allusion.

- Nous en arrivons à estimer que ce sont les fibres nerveuses intracanaliculaires qui ont un rôle prééminent dans le mécanisme de la sensibilité dentinaire.

- Cependant le problème de la sensibilité dentinaire n'est pas résolu pour autant car sinon l'électro-anesthésie ne devrait jamais rencontrer d'échecs.

Car 10 % d'échecs sont là pour nous rappeler que les hypothèses que nous avançons n'ont que le mérite d'indiquer la direction dans laquelle il faut poursuivre. Elles ne sauraient, dans l'état actuel des choses, être une explication définitive.

-:-

Vu :

Le Président :

Signé : P. CERNEA

Vu :

Le Doyen honoraire :

Administrateur provisoire
de la Faculté de Médecine :

Signé : G. BROUET

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris

Signé : R. MALLET

OBSERVATIONS

-:-

Nous avons groupé ci-après l'ensemble des observations concernant les expériences faites avec le courant anodique puis avec le courant cathodique. Soit 251 tailles de cavités.

Il nous a paru inutile de présenter les observations concernant l'expérimentation faite avec une anode placée en un point éloigné et distinct de la zone de fraisage. En effet tous ces essais se sont soldés par un échec.

Indiquons cependant qu'ils intéressaient uniquement des molaires, pour les raisons de commodité précédemment développées. Dans 22 cas ces molaires étaient des molaires inférieures et dans les 8 autres cas des molaires supérieures.

OBSERVATIONS

EXPERIENCES PORTANT SUR L'UTILISATION D'UN COURANT ANODIQUE

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μ A
1	d 3	F	42	collet V.	+++	4
2	G 3	F	42	M.V.	-	
3	D I	M	30	M.V.	++	4
4	d 6	M	14	O.	-	
5	g 6	M	14	O.	-	
6	d 2	F	25	collet L.	+++	4
7	d I	F	25	collet L.	+++	4
8	d 2	F	25	collet L.	-	
9	g 7	M	31	O.	++	10
10	d 2	M	14	V.	+++	4
11	d 6	F	35	collet V.	+++	4
12	D I	F	42	collet L.	+++	4
13	G I	F	42	collet L.	+++	4
14	G 2	F	42	collet L.	+++	4
15	D 2	F	17	collet V.	+++	4
16	D I	F	17	collet V.	+++	4
17	D 2	F	16	M.V.	++	10
18	D 2	F	23	M.	-	
19	G 2	F	23	M.	+++	10

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μ A
20	D 5	M	28	L.	++	10
21	D 4	M	20	collet M.	++	10
22	G I	F	71	collet D.	-	
23	G 2	F	71	collet M.	-	
24	D I	M	32	D.	+++	4
25	D 2	M	32	D.	++	4
26	D I	M	47	M.L.	+++	4
27	G 6	F	19	collet V.	+++	10
28	G 1	F	45	D.L.	++	10
29	G 2	F	45	L.M.V.	-	
30	D 5	F	14	O.	+++	4
31	G 4	F	52	O.	-	
32	G 2	F	38	D.V.	+++	4
33	G I	F	38	M.V.	+++	4
34	D 2	F	38	L.M.V.	+++	10
35	D 7	M	31	D.V.	++	10
36	d 4	F	28	M.O.	++	10
37	g 4	F	28	D.O.	+++	10
38	d 4	F	62	collet V.	+++	4
39	g 7	F	58	collet V.	+++	10
40	G 3	F	49	D.	+++	4
41	G 2	F	33	D.V.	++	10
42	d 2	F	68	M.V.	++	4

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μ A
43	d I	F	68	M.V.	++	4
44	g I	F	63	D.V.	-	
45	D 6	F	33	O.	+++	10
46	G 2	M	15	D.V.	+++	10
47	d 7	F	28	O.	-	
48	d 5	M	37	collet V.	+++	4
49	D 6	F	14	O.	-	
50	g 7	F	30	D.O.	-	
51	G 3	F	34	collet V.	+++	10
52	d 7	M	38	collet V.	++	4
53	g 5	M	38	M.O.	++	10
54	D 2	M	57	M.V.	+++	10
55	g 3	F	59	M.	+++	4
56	D 3	M	62	D.V.	++	4
57	G 2	M	62	L.M.V.	+++	10
58	D 4	F	25	M.O	+++	4
59	d 4	M	28	O.	+++	10
60	D 2	F	63	D.	++	4
61	D 5	M	24	M.O	++	4
62	D 2	M	41	M.	+++	10
63	D I	F	26	D.	+++	10
64	D I	F	49	M.	-	
65	G 3	F	49	collet V.	+++	4

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μ A
66	g 5	F	27	O.	++	10
67	D 2	M	44	M.	+++	4
68	D I	M	44	M.	+++	10
69	D I	M	29	M.	+++	4
70	G I	M	29	D.	++	10
71	D I	M	31	M.	++	4
72	G I	F	29	L.D.V.	++	4
73	G 2	F	29	L.M.V.	++	4
74	G 7	M	24	O.	++	10
75	D I	M	29	M.L.	+++	10
76	g 7	M	34	M.O	+++	10
77	D 6	F	42	M.O	-	
78	d 5	M	64	O.	+++	10
79	G 2	F	60	collet L.	+++	4
80	d 3	F	19	collet V.	+++	10
81	G 8	M	27	O.	+++	4
82	D 5	F	29	M.V.	-	
83	G 5	F	29	M.V.	++	4
84	d 7	F	22	O.	++	10
85	G 7	F	44	M.O	+++	10
86	g 7	F	44	O.	+++	10
87	D 3	F	42	D.V.	++	4
88	d 6	F	10	O.	+++	10

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μA
89	g 6	F	10	O.	+++	10
90	d I	M	58	D.V.	+++	4
91	g I	M	58	M.V.	++	4
92	g 2	M	58	O.V.	++	4
93	G 6	F	13	O.	+++	4
94	D 6	F	13	O.	-	
95	G 3	M	36	D.V.	+++	4
96	D I	F	61	M.L.	-	
97	D 2	F	61	M.V.	+++	10
98	d 3	M	59	M.V.	++	4
99	d 2	M	59	D.L.	+++	4
100	G 6	M	18	O.	+++	4
101	d 6	F	13	M.O	+++	10
102	d 6	M	14	M.O	++	10
103	G 7	M	19	O.	+++	10
104	d 5	M	38	collet V.	+++	4
105	D I	M	32	M.	++	4
106	G 2	M	32	D.L.	++	10
107	G 6	M	13	V.	+++	4
108	D 6	M	16	O.	++	10
109	D 7	M	16	O.	++	10
110	G 6	M	16	O.	++	10
111	g 7	M	16	O.	+++	10

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μA
112	D 2	M	30	L.M.V.	+++	4
113	G 5	F	51	O.	-	
114	d 3	M	72	M.V.	-	
115	d 2	M	72	collet M.	+++	4
116	d 5	M	24	D.O.	-	
117	G 2	M	19	M.L.	++	4
118	D I	F	22	M.	+++	4
119	d 2	F	16	angle D.	+++	4
120	d I	F	16	M.V.	+++	4
121	g I	F	16	L.M.V.	++	10
122	g 2	F	16	L.M.V.	+++	10
123	D 3	M	68	D.L.	-	
124	D 6	F	36	M.O.	+++	4
125	D 7	F	36	M.O.	+++	4
126	D 2	M	19	cingulum	++	4
127	D 7	F	27	V.O.	-	
128	G 3	M	31	L.D.V.	++	10
129	d 6	M	31	O.	+++	10
130	D 8	M	23	O.	+++	10
131	D 7	M	23	O.	+++	10
132	G 8	M	23	O.	+++	10
133	D I	M	24	M.V.	++	4
134	G 2	M	24	D.V.	+++	4

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μ A
135	G 2	M	49	M.V.	++	10
136	D 3	F	58	L.M.V.	++	4
137	G 7	F	24	D.O.	-	
138	G 6	F	24	D.O.	-	
139	g 7	M	52	collet V.	+++	4
140	g 5	M	52	M.O.	-	
141	d 3	M	19	M.V.	+++	4
142	d 2	M	19	M.V.	+++	4
143	d I	M	19	M.V.	++	4
144	g I	M	19	L.M.V.	++	4
145	g 2	M	19	M.V.	-	
146	D 6	F	22	O.	++	10
147	G 5	F	22	M.O.	+++	10
148	G 7	F	23	O.	+++	10
149	G 2	M	14	L.D.V.	++	10
150	G I	M	17	M.V.	+++	4
151	g 2	M	66	L.D.V.	-	
152	d 7	M	66	M.O.	-	
153	D 3	M	74	M.V.	+++	4
154	D 3	F	23	D.L.	++	4
155	g 6	F	23	O.	+++	4
156	g 7	F	47	collet L.	+++	4
157	g 6	F	47	collet L.	+++	4

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μ A
158	d 6	F	47	collet L.	+++	4
159	D 6	F	18	O.	+++	10
160	D 2	M	25	M.V.	-	
161	G 2	M	25	M.V.	-	
162	D 7	F	28	M.O.	+++	4
163	G 4	F	23	M.O.	+++	10
164	d 3	F	48	collet V.	+++	4
165	d 4	M	48	collet V.	+++	10
166	d 4	F	44	O.	++	10
167	g 6	F	13	M.O	-	
168	G 3	F	59	D.L.	+++	10
169	G 7	F	31	O.	++	10
170	G 6	F	17	M.O.	++	4
171	g 6	F	17	O.	-	
172	G I	M	43	D.V.	++	4
173	D 2	F	35	M.	+++	4
174	G 2	F	35	M.	+++	4
175	G 7	M	29	O.	+++	10
176	d I	F	34	M.V.	+++	4
177	g I	F	34	M.V.	+++	4
178	g 2	F	34	M.V.	++	4
179	d 6	M	14	O.	+++	4
180	g 6	M	14	O.	+++	4

N° du cas	Type de dent	Sexe	Age	Localisation de la carie	Résultats	Intensité active en μ A
181	G 7	F	39	O.	+++	10
182	G 8	F	39	O.	+++	10
183	D 6	F	67	M.O.	-	
184	d 6	M	27	O.	++	10
185	D 3	F	22	M.V.	-	
186	D 2	M	48	M.V.	+++	10
187	d 6	F	21	O	+++	4
188	g 6	F	21	O	+++	4
189	g 7	F	37	M.O.	-	
190	G 7	F	37	M.O.	-	
191	G 6	F	37	O.	++	10
192	G 3	M	57	L.M.V.	+++	10
193	d 7	M	52	D.O.	++	10
194	D 3	F	63	M.V.	+++	4
195	g 6	M	54	O.	++	10
196	d 6	M	54	O.	++	10
197	D I	F	46	M.V.	+++	4
198	G I	F	46	M.V.	+++	10
199	g 6	M	19	O.	+++	4
200	g 3	F	25	D.V.	++	4

OBSERVATIONS

EXPERIENCES PORTANT SUR L'UTILISATION D'UN COURANT CATHODIQUE

N°	Age	Sexe	Dent	Localisation de la carie	Résultats		Hyperesthésie provoquée	Intensité active en μ A
					Courant anodi- que	Courant catho- dique		
1	32	F	G2	D.	++	-		4
2	28	M	D2	M.	++	-		4
3	67	M	G5	M.O.	++	+++		4
4	23	F	DI	D.	+++	-		10
5	23	F	GI	M.	-	-		
6	48	F	D3	collet V.	+++	-		4
7	23	F	D2	M.	-	+++		10
8	38	F	G2	M.	+++	-		10
9	24	M	G5	collet V.	++	+++		10
10	24	M	D4	collet M.	++	+++		10
11	72	F	d6	M.O	-	-		
12	72	F	G2	collet M.	-	-		
13	26	M	G2	M.V.	++	-		4
14	26	M	D7	O.	+++	-		10
15	19	M	GI	M.V.	+++	-		4
16	39	M	GI	D.V.	++	-	+++	4
17	39	M	G2	D.	++	-	+++	4
18	33	M	GI	L.D.V.	+++	-		10
19	33	F	DI	M.V.	++	+++		4

N°	Age	Sexe	Dent	Localisation de la carie	Résultats		Hyperesthésie provoquée	Intensité active en μ A
					Courant anodi- que	Courant catho- dique		
20	15	M	G2	D.L.	++	-		10
21	28	F	G2	M.V.	++	-		4
22	37	F	g6	O.	+++	-		4
23	30	M	G6	M.O.	+++	-		10
24	30	M	D6	M.O.	+++	-		10
25	59	F	D2	M.V.	+++	-		4
26	59	F	GI	M.V.	+++	-		4
27	32	F	D2	L.M.V.	++	+++		4
28	72	F	g5	O.	++	-		10
29	51	M	D2	M.	+++	-		4
30	24	M	DI	M.	+++	-		10
31	24	M	GI	M.V.	+++	-		4
32	22	M	GI	L.D.V.	++	-	+++	4
33	17	M	DI	D.V.	+++	-		4
34	56	F	G2	M.	+++	-		4
35	43	M	d3	collet V.	++	+++		4
36	19	M	d6	O.	-	-	+++	
37	19	M	g6	O.	-	-	+++	
38	26	F	D2	M.V.	+++	-		4
39	26	F	dI	M.V.	+++	-		4
40	37	M	g6	collet V.	-	+++		4
41	27	F	dI	collet L.	+++	-		4

N°	Age	Sexe	Dent	Localisation de la carie	Résultats		Hyperesthésie provoquée	Intensité active en µA
					Courant anodi- que	Courant catho- dique		
42	27	F	gI	collet L.	+++	-		4
43	17	M	D3	M.V.	++	-		4
44	29	M	d7	M.O.	++	+++		10
45	41	M	DI	collet L.	+++	-		4
46	41	M	GI	collet L.	+++	-		4
47	41	M	G2	collet L.	+++	-		4
48	55	F	g3	D.V.	++	-		4
49	22	M	DI	M.V.	++	+++		10
50	63	M	D6	O.	+++	-		10
51	63	M	d4	D.O.	++	-		10

BIBLIOGRAPHIE

-:-

- ANDERSON D.J. - Chemical and osmotic excitants of pain in human dentine. In "Sensory mechanisms in dentine".
Proceed-symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962. Pergamon Press 88-93 ; 1963.
- ARWILL T. - The significance of the innervation of the predentine. Oral Surg., Oral Med., Oral Path., 13, 6, 743-749, 1960.
- ARWILL T. - Same morphological aspects of the dentinal innervation. In "Sensory mechanisms in dentine".
Proceed. Symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962. Pergamon Press, 3-14, 1963.
- AVERY J.K. et RAPP R. - Investigation of the mechanism of neural impulse transmission in human teeth.
Oral Surg., Oral Med., Oral Path., 12, 190-198, 1959.
- BERNARD P.D. - Les courants de basse fréquence en odontostomatologie. Odontologie, 4, 290-297, 30-4, 1935.
- BERTRAND - Les ondes électriques courtes. Leurs possibilités d'emploi dans l'art dentaire.
Odontologie 7, 472-476, 30-7, 1934.
- BRÄNNSTRÖM M. - Dentinal and pulpal response. Application of pressure to exposed dentine.
Journal Dent. Res. 40, 960, 1961.

- BRÄNNSTRÖM M. - The elicitation of pain in human dentine and pulp by chemical stimuli.
Arch. Oral. Biol. 7, 59 1962.
- BRÄNNSTRÖM M. - Dentinal and pulpal response. Somme experiments with heat and pressure illustrating the movements of odontoblasts into the dentinal tubules.
Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 15, 203, 1962.
- BRÄNNSTRÖM M. - A hydrodynamic mechanism in the transmission of pain. Producing stimuli through the dentine. In "Sensory mechanisms in dentine".
Proceed symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962. Pergamon Press, 73-79, 1963.
- BRÄNNSTRÖM M. et ASTROM - A study on the mechanisms of pain elicited from dentine.
Journ. Dent. Res. 43, 619-625, 1964.
- BRÄNNSTRÖM M. - Sensitivity of dentine.
Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 21, 4, 517, 1966.
- DECHAUME M. - Renseignements nouveaux sur les traitements dentaires par la haute fréquence.
Rev. Stomato. 12, 717, 1931.
- DECHAUME M., KERBOUL et RABINOVITCH - Fraisage indolore de la dentine à l'aide des courants de haute fréquence.
Rev. Stomato. 473-474, 1931.
- DENIER A. - Anesthésie électrique.
Encyclopédie médico-chirurgicale, 4, 1958.
- DJINDJIAN A. - Traitement de la polyarthrite alvéolo-dentaire par les courants de haute fréquence.
Sem. Dent. 27, 818-823, 1932.

DOBRENIC M. - La sensibilité de la jonction émail-ivoire.

Dentiste de France 15, 37-45, 1957.

FEARNHEAD R.W. et LINDNER J.E. - Observations on the innervation of dentine.

Jour. Dent. Res. 34, 781, 1955.

FEARNHEAD R.W. - The histological demonstration of nerve fibres in human dentine. In "Sensory mechanisms in dentine". Procead. Symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962, Pergamon Press 15-24, 1963.

FRANK R.M. - Etude au microscope électronique de l'odontoblaste et du canalicule dentinaire humain.

Arch. Oral. Biol. II, 2, 179-191, 1966.

FRANK R.M. - La dentine humaine est-elle innervée ?

Rev. Mens. Suisse Odonto. 76, 9, 739-741, 1966.

FUNAKOSHI M. et ZOHERMAN V. - A study in the excitation of dental pulp nerve fibres. In "Sensory mechanisms in dentine". Procead. Symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962. Pergamon Press 60-70, 1963.

GAUNT W.A., OSBORN J.W. et TEN CATE A.R. - "Advances in dental histology". 1967.

GUERRINI J. et FOURMONT R. - Electronarcose et électro-anesthésie en chirurgie dentaire.

Inf. Dent. 33, 34, 35, 1966.

GUIBERT A. - Les nerfs crâniens. Maloine Ed. 1965.

HARRIS R. et GRIFFIN C.J. - Fine structure of nerve ending in the human dental pulp. Arch. Oral Biol. 13, 7, 773-778, 1968.

- HELD A.J. - Structure microscopique de l'organe dentaire.
Masson Ed. 1947.
- HELD A.J. et BAUD L.A. - The innervation of dental organ.
Oral Surg., Oral Med., Oral Path., 8, 1262-1269, 1955.
- HELD R. - Le dentiste et son patient.
Revue Franç. d'odonto-stomato. 10, 1535-1542, 1958.
- HOEPKE H. - Précis d'anatomie et de physiologie du système
nerveux central et végétatif.
Maloine Ed. 1963.
- KAWAGUCHI Y. - Some improvements on the apparatus of electro-
anesthesia and its technic.
Jap. Stom. Soc. 35, 560-574, 1968.
- KAYSER C. - Physiologie. Système nerveux,
2 Ed. Med. Flammarion 1963.
- KEREBEL B. - Innervation de la prédentine humaine.
Act. Odonto. Stom. 181-202, 1964.
- KEREBEL B. - Recherches histologiques sur l'innervation des
tissus dentaires. Thèse 1969.
- Le FLOCH - L'électropénétration médicamenteuse.
Bull. Ass. des C.D. Indép. 7, 25-29, 1949.
- LIMOGES - L'anesthésie électrique aux U.S.A. et en France.
Inf. Dent. 25.5.1961.
- LIMOGES - Usage du courant électrique en anesthésie.
Revue d'anesth. 2, 713-716, 1963.

- LIMOGES - Anesthésie électrique. Utilisation de la haute fréquence redressée.
Inf. Dent. 50, 5041-5047, 1966.
- MALENCON A. - Les applications du courant électrique en odontostomatologie. Ed. Le François.
- MANNE J. - Psychologie et odontostomatologie.
Ed. Maloine Paris 1967.
- MIYOSHI S., NISRIJIMA S. et IMANISHI I. - Electron microscopy of myelinated and unmyelinated nerve fibers in human dentine pulp.
Arch. Oral Biol. II, 8, 845-846, 1966.
- NAYLOR M.N. - Studies on the mechanism of sensation to cold stimulation in human dentine. In "sensory mechanisms in dentine".
Proceed. Symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962. Pergamon Press, 80, 1963.
- NICOLLE - Quelques considérations sur la désensibilisation électrique de la dentine.
Le dentiste de France. 20, 27-28, 1958.
- PARROT - Physiologie de la douleur.
Rev. franç. d'odonto-stom. 7, 1127-1129, 1958.
- PIERRON - Thérapeutique de la douleur par les agents physiques en odontostomatologie.
Sem. Dent. 999-1000 - 14 oct. 1934.
- PIPONNET M. - Le traitement des algies faciales par la haute fréquence. Ann. Odont. Stomato. 6, 9, 181-188, 1949.

- RACADOT J. et WEILL R. - Histologie dentaire.
Masson et Cie. Prolat Ed. Paris 1966.
- RAULO J. - L'anesthésie électrique locale et générale en odonto-
stomatologie.
Inform. Dent. 1549-1555. 27 nov. 1958.
- RAULO J. - L'électro-hypno-analgésie.
Revue franç. d'odonto-stomatologie 4, 655-660, 1959.
- SCOTT R. et TEMPEL T.R. - Receptor potentials in response to
thermal and other excitation. In "Sensory mechanisms
in dentine".
Procead. Symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962. Pergamon
Press 27-46; 1963.
- SQUILLANTE A. - L'électrosmose dans ses différentes applications.
Sem. Dent. 764-767. 1928.
- STROHL A. - Narcose électrique. Effets sédatifs de l'électricité.
Précis de physique médicale. Masson Ed. Paris 4e Ed.
477-521 - 1948.
- SUZUKI K. - Electro-anesthésie. Thérapeutique dentaire.
P.O.S. n°1272, 1960.
- SUZUKI K. - Electro-anesthésie. Jap. Stom. Soc. 34, 159-163, 1967.
- TEN CATE A.R. et SHELTON L. - Cholinesterase activity in human
teeth. Arch. Oral Biol. 2, 4, 423-428, 1966.
- VERCHERE M. - Propos sur l'innervation dentinaire.
Revue franç. d'odonto-stomato. 15, 10, 1315-1332, 1968.
- YAMADA M. - Electrophysiological studies of excitation of dentine
evoked by chemical means. In "sensory mechanisms in
dentine". Procead. Symp. Roy. Soc. Med. Londres 1962.
Pergamon Press. 47-59, 1963.

